Über die Entwicklung einer Tagesperiodik verschiedener Körperfunktionen unter besonderer Berücksichtigung der Pulsfrequenz der Schlaf-Wachverteilung und der Körpertemperatur

Jutta F. Lange

Aus der Kinder-Poliklinik der Universität München
Direktor: Professor Dr. med. G. Weber

ÜBER DIE ENTWICKLUNG EINER TAGESPERIODIK VERSCHIEDENER KÖRPERFUNKTIONEN UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DER PULSFREQUENZ DER SCHLAF-WACHVERTEILUNG UND DER KÖRPERTEMPERATUR

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und einer Hohen Medizinischen Fakultät der
Ludwig - Maximilians - Universität
zu München

vorgelegt von
Jutta F. Lange
aus München

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

1957

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Referent: Privatdozent Dr. Th. Hellbrügge

Correferent: Professor Dr. G. Weber

Dekan: Professor Dr. W. Bickenbach

Tag der mündlichen Prüfung: ~~25. Juli~~ 1. August 1957

UNI-Druck, München 13, Amalienstraße 85

Meinem Vater
zum 65. Geburtstag
gewidmet

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554015_0040

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

Zum Problem 1

Die Entwicklung der Tagesperiodik der Körpertemperatur 2

Die Entwicklung der Schlaf-Wachrhythmik 5

Die Entwicklung der Tagesperiodik der Pulsfrequenz 9

A. Die tagesperiodischen Veränderungen der Pulsfrequenz bei Erwachsenen 9

B. Der kindliche Puls (allgemein) 13

1. Die Beeinflussung durch äußere Faktoren 13
2. Pulswerte in verschiedenen Altersstufen des Kindes 14

C. Die tageszeitlichen Veränderungen der Pulsfrequenz beim älteren Kinde 17

D. Die Ausbildung von tagesperiodischen Veränderungen der Pulsfrequenz im frühen Kindesalter 19

1. Methodik 19
   a. Auswahl der Kinder 19
   b. Untersuchungsbedingungen 22

2. Untersuchungsergebnisse 25

   a. Die tageszeitlichen Veränderungen der Pulsfrequenz im Laufe des Kindesalters 25

      aa. Der Pulsanstieg in der ersten Lebenswoche 25

      bb. Die mittlere Tagespulsfrequenz bei den einzelnen Kindern 27

      cc. Die Pulsfrequenz zur Tages-und Nachtzeit 29

Seite

dd. Die Pulsfrequenz in vergleichbaren Tagesabschnitten 32

ee. Die Pulsfrequenz zu den einzelnen Tagesstunden 33

ff. Die Ausbildung der Amplitude der Tageskurve 35

gg. Die Verschiebung der Tageskurve 39

hh. Die Tageskurven der einzelnen Kinder 40

ii. Die Häufigkeitsverteilung der Werte über und unter dem Tagesmittel 42

b. Der Einfluß von äußeren Faktoren auf das tageszeitliche Verhalten des kindlichen Pulses 43

aa. Die Entwicklung der Schlaf-Wachperiodik 43

bb. Vergleich zwischen Pulsfrequenz und Schlaf-Wachzustand 48

cc. Die Pulsfrequenz unter der Einwirkung der Mahlzeitenverteilung 53

dd. Sonstige Einflüsse auf die Pulsfrequenz 56

3. Besprechung der Ergebnisse 59

Zusammenfassung 72

Literaturverzeichnis 74

Nachwort 79

Lebenslauf 80

VERZEICHNIS DER TABELLEN

UND ABBILDUNGEN

Tab. 1:	Anzahl der untersuchten Kinder und Tagesverläufe in den verschiedenen Altersgruppen	20
Tab. 2:	Beobachtungsgut	22a
Tab. 3:	Mittlere Tagespulsfrequenz der untersuchten Kinder an den fortlaufenden Beobachtungstagen	27a
Tab. 4:	Mittlere Pulsfrequenz in verschiedenen Altersstufen des Kindes zur Tages- und Nachtzeit	30
Tab. 5:	Mittelwerte der Pulsfrequenz in verschiedenen Altersstufen des Kindes zu vergleichbaren Tagesabschnitten	32a
Tab. 6:	Mittelwerte der Pulsfrequenz in verschiedenen Altersstufen des ersten und zweiten Lebensjahres zu den einzelnen Tages- und Nachtstunden	34
Tab. 7:	Mittlere prozentuale Schwankungen der Pulsfrequenz um den Tagesmittelwert zu den einzelnen Tagesstunden bei den untersuchten Kindern und Altersgruppen	40a
Tab. 8:	Häufigkeitsverteilung der Pulswerte über und unter dem Tagesmittelwert in vergleichbaren Tagesabschnitten bei verschiedenen Altersstufen des Kindes	44
Abb. 1:	Anstieg der mittleren Tagespulsfrequenz in der ersten Lebenswoche	26
Abb. 2:	Stundenmittelwerte der Pulsfrequenz aus 60 Tagesperioden von 10 Kindern der ersten Lebenswoche	36
Abb. 3:	Stundenmittelwerte der Pulsfrequenz aus 27 Tagesperioden von 3 Kindern der 2. und 3. Lebenswoche	36

Abb. 4: Stundenmittelwerte der Pulsfrequenz aus 74 Tagesperioden von 10 Kindern im Alter von 6 bis 18 Wochen 36

Abb. 5: Stundenmittelwerte der Pulsfrequenz aus 35 Tagesperioden von 4 Kindern im Alter von 5 bis 8 Monaten 36

Abb. 6: Stundenmittelwerte der Pulsfrequenz aus 71 Tagesperioden von 9 Kindern im Alter von 11 bis 21 Monaten 37

Abb. 7: Stundenmittelwerte der Pulsfrequenz aus 25 Tagesperioden von 7 Kindern im Alter von 4 bis 13 Jahren 37

Abb. 8: Stundenmittelwerte der Pulsfrequenz aus 24 Tagesperioden von 3 Frühgeborenen im Alter von 2 bis 3 Wochen 37

Abb. 9: Stundenmittelwerte der Pulsfrequenz aus 29 Tagesperioden von 5 Frühgeborenen im Alter von 6 bis 10 Wochen 37

Abb. 10A: Entwicklung des Wach-Schlaf-Verhältnisses beim Kind nach eigenen Untersuchungen 46

Abb. 10B: Entwicklung des Wach-Schlaf-Verhältnisses im 1. Lebenshalbjahr nach KLEITMAN und ENGELMANN 47

Abb. 11: Prozentuale Schwankungen der Pulsfrequenz, Wach-Schlaf-Verhältnis und Mahlzeitenverteilung in verschiedenen Altersstufen des Kindes 49

Zum Problem

Der gesetzmäßige, rhythmische Tagesablauf vieler Lebensvorgänge ist schon oft beschrieben und zu deuten versucht worden. Zahlreiche Untersuchungen beim herangereiften erwachsenen Menschen ergaben das Bild einer strengen Tagesperiodik der verschiedenen humoralen, endokrinen und neuralen Körperfunktionen (JORES, ASCHOFF, MENZEL).

Inwieweit der noch unentwickelte Organismus des jungen Kindes diese Gesetzmäßigkeit aufweist, ist erst an wenigen Beispielen genauer erforscht worden. JUNDELL, GOFFERJÉ und andere konnten zeigen, daß beim Neugeborenen die tagesperiodischen Temperaturschwankungen noch unausgeprägt sind. Sie mit zunehmendem Alter des Kindes wächst die Amplitude der Tageskurve und nähert sich der des Erwachsenen. Einen ähnlichen Entwicklungsgang fanden KLEITMAN und ENGELMANN bei der Ausbildung der Schlaf-Wachperiodik im Kindesalter.

Auf dem Gebiete der Kreislaufrhythmik sind noch keine entsprechenden Publikationen bekannt geworden. So wurde z.B. noch nicht beschrieben, ob die beim Erwachsenen vielfach nachgewiesenen tagesperiodischen Änderungen der Pulsfrequenz auch bei Neugeborenen, Säuglingen und Kleinkindern zu beobachten sind. Auch für das spätere Kindesalter liegen über den Tagesverlauf der Pulsfrequenz nur relativ wenig Befunde vor.

Im folgenden soll nun die wesentliche Literatur über die Entwicklung der Tagesperiodik der Körpertemperatur und der Schlaf-Wachrhythmik zusammengefaßt und später eigenen Untersuchungen über die tageszeitlichen Änderungen der Pulsfrequenz im frühen Kindesalter gegenübergestellt werden. Damit wollen wir der Frage nachgehen, ob im Kindesalter zwischen den verschiedenen tagesrhythmischen Funktionen irgendwelche Beziehungen oder Gesetzmäßigkeiten bestehen. Außerdem soll anhand des Schrifttums und von eigenen Befunden geprüft werden, wie sich die Pulsfrequenz bei Menschen verschiedener Altersstufen im Verlaufe des Tages und der Nacht verhält und ob sich irgendwelche Unterschiede zwischen den Tagesschwankungen des Erwachsenen und älteren Kindes und denen des Kleinkindes und Säuglings nachweisen lassen.

I. DIE ENTWICKLUNG DER TAGESPERIODIK DER KÖRPERTEMPERATUR

Daß der kindliche Organismus noch nicht die strengen tageszeitlichen Gesetzmäßigkeiten wie der Erwachsene aufweist, konnte erstmalig durch fortlaufende Messungen der Körpertemperatur bei Kindern verschiedener Altersstufen festgestellt werden.

Schon 1842 war der Tagesgang der Körpertemperatur beim Erwachsenen durch die Untersuchungen von GIERSE bekannt geworden. Die Temperaturkurve zeigte am Tage die höchsten Werte, fiel gegen Abend zur Nacht hin ab, um in den Morgenstunden wieder anzusteigen. Außerdem wies GIERSE schon damals auf die Unabhängigkeit der Temperaturperiodik von der Lebensweise hin, was später vor allem durch die sorgfältigen Untersuchungen von JÜRGENSEN, BENEDICT und SNELL und VÖLKER bestätigt werden konnte. Auch über die Verlaufsform der Tageskurve der Körpertemperatur bei Erwachsenen liegen zahlreiche Befunde vor, die ASCHOFF 1955 zusammenfassend berichtete.

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurde durch die sorgfältigen und umfangreichen Untersuchungen von JUNDELL und GOFFERJÉ erstmalig auch über die Entwicklung dieser Tagesperiodik Näheres bekannt. Beide Autoren konnten damals unabhängig voneinander durch fortlaufende Messungen der Körpertemperatur an Kindern verschiedener Altersstufen relativ gleichartige Ergebnisse ermitteln.

JUNDELL, der seine Untersuchung in insgesamt 3 000 Einzelmessungen durchführte, fand schon bei Neugeborenen in der Nacht etwas niedrigere Temperaturwerte als am Tage. Die Schwankungsbreite war jedoch mit 0,1 °C noch sehr gering. "Von den ersten Lebenstagen bis zu den ersten Lebensjahren" konnte JUNDELL "eine stetig zunehmende Tagesfluktuation der Eigenwärme" beobachten. Am Ende des ersten Lebensmonats betrug die Differenz schon 0,3 °C, im sechsten Lebensmonat 0,6 °C. Bei Kindern im Alter von 2 - 4 Jahren entsprach die Amplitude mit 0,9 °C etwa der des Erwachsenen (0,8 °).

GOFFERJÉ konnte auf Grund seiner Untersuchungen bis zur vierten Lebenswoche noch keine regelmäßigen Temperaturveränderungen feststellen. Wohl fand er, daß die Körpertemperatur in der Nacht "im allgemeinen etwas niedriger" war als am Tage. "Eine regelmäßige Wellenbildung bestand jedoch nicht." "Dieselbe trat erst jetzt (in der 4. Lebenswoche) ein, oft überraschend schnell, im Verlaufe weniger Tage, um sich nun fortdauernd zu erhalten." Ebenso wie JUNDELL beobachtete auch GOFFERJÉ eine Vergrößerung der Tag-Nachtdifferenz mit fortschreitendem Kindesalter.

Die Entwicklung der Tagesperiodik der Körpertemperatur wurde auch in jüngerer Zeit noch häufig untersucht. Im wesentlichen wurden die Befunde von JUNDELL und GOFFERJÉ bestätigt, über den Zeitpunkt der endgültigen Ausbildung der Tagesperiodik gehen die Meinungen jedoch auseinander.

MULLIN fand nach fortlaufenden zweiständigen Messungen bei einem einzelnen Kinde erst vom 6. Lebensmonat an die Temperaturkurve regelmäßig und im 11. Monat erst voll entwickelt (ASCHOFF). Außerdem wies MULLIN darauf hin, daß die Vergrößerung der Amplitude hauptsächlich durch Verminderung der Nachtwerte bedingt ist: "As the temperature spread develops, it manifests itself as a progressive lowering of the minimum temperature level at night with practically no change in the maximum temperature reached during the daytime."

KLEITMAN, TITELBAUM und HOFFMANN glauben, daß die Tagesperiodik der Körpertemperatur erst im zweiten Lebensjahr endgültig befestigt wird. Nach fortlaufenden zweistündigen Temperaturmessungen an Kindern verschiedener Altersstufen konnten sie im Laufe des ersten Lebensjahres nur eine geringgradige Amplitudenvergrößerung feststellen. Bei Neugeborenen betrug die Schwankungsbreite zwischen den Tages- und Nachtwerten 0,6 ^{o} C, bei Säuglingen im Alter von 1 - 5 Monaten 0,8 ^{o} C, von 7 - 11 Monaten 1,0 ^{o}. Dagegen war die Amplitude im zweiten Lebensjahr fast auf das Doppelte angewachsen. Der Tag-Nachtunterschied betrug jetzt 1,7 ^{o} C. Diese Beobachtung war früheren Autoren entgangen, weil diese keine Kinder im zweiten Lebensjahr untersucht hatten. Die plötzliche Amplitudenvergrößerung ging parallel mit einem starken Abfall der Nachttemperaturen. Jetzt erschienen auch die täglichen Schwankungen zum erstenmal regelmäßig. "The diurnal temperature cycle in the sense of regulary recurring and superimposable variation, first appears during the second year of life." Für die Entwicklung dieser Tagesperiodik machten die Autoren teils endogene, teils exogene Faktoren verantwortlich. Bei einem Kinde mit einem Hirn-

tumor ließ sich eine zuerst angedeutete scheinbare Temperaturperiodik, die wahrscheinlich durch äußere Momente hervorgerufen war, durch Veränderung der Tageseinteilung aufheben. Die Autoren schlossen daraus, wie auch aus anderen ähnlichen Befunden (s. später), daß die Aufrechterhaltung der Tage periodik an ein intaktes Großhirn geknüpft sei.

Ein weiteres Charakteristikum der Entwicklung der Tagesperiodik der Körper temperatur scheint eine Verlegung der Temperaturkurven nach rechts mit fortschreitendem Lebensalter zu sein. So konnten JUNDELL, GOFFERJE und KLEITMAN und Mitarbeiter beobachten, daß bei jüngeren Kindern der abend liche Abfall und der morgendliche Anstieg der Werte auf einen früheren Zeitpunkt fallen als bei älteren Kindern und Erwachsenen.

ASCHOFF (1955) weist darauf hin, daß beim Kind auch der "Doppelgipfel" der Temperaturkurve stärker ausgeprägt sei als beim Erwachsenen.

So fanden z.B. de RUDDER und PETERSEN bei vier Säuglingen im Alter von 1 - 3 Monaten die Körpertemperatur am Vormittag gegen 9 Uhr und abends um 18 Uhr am höchsten. Von 12 - 15 Uhr war sie niedriger; noch niedrige aber in der Nacht, wo sie gegen 24 Uhr das Minimum erreichte. Dieses Ph nomen ist besonders bemerkenswert, weil die Kinder bei den dreistündigen Temperaturmessungen unter vollkommen nivellierter Lebensweise gehalten wurden. Die Mahlzeiten und die gesamte Pflege waren gleichmäßig über 24 Stunden des Tages verteilt. Damit konnten de RUDDER und PETERSEN 1937 erstmalig auch für das frühe Säuglingsalter die Unabhängigkeit der Tagesperiodik von der Lebensweise nachweisen. Die Autoren kamen zu dem Schluß, daß "die Art der Tagesperiodik nicht in irgendwelchen Lebensgewohnheiten oder Lebensumständen ihre Erklärung finden kann". Auch einen inneren Rhythmus glaubten sie ausschließen zu müssen, da sich die Tagesrhythmik als an die Ortszeit gebunden erweise. Es müßten vielmehr äußere, unabhängig vom Leben ablaufende, "kosmische Faktoren" dafür verantwortlich gemacht werden.

II. DIE ENTWICKLUNG DER SCHLAF-WACHRHYTHMIK

Wie viele andere Körperfunktionen, zählt JORES auch den Schlaf zu den "echten 24-Stunden-Rhythmen". Diese ließen, unabhängig von äußeren Bedingungen, "nur eine Bindung an die Tageszeit" erkennen.

Daß der Wechsel von Schlafen und Wachen nicht nur dem Willen unterstellt ist, sondern auch für den Schlafeintritt eine große Zwangsläufigkeit besteht, konnte vor allem durch die Versuche mit verlängertem Schlafentzug festgestellt werden. So berichtete z.B. KLEITMAN (1952), daß nach tagelangem Wachen die Schlafbereitschaft in den Nachtstunden immer besonders groß war, weniger dagegen am Tage. Ebenso können sich Nachtarbeiter (KLEITMAN 1952) und Nachtschwestern (MENZEL 1942) oft nie an die umgekehrte Lebensweise gewöhnen. Ähnliches beschrieben O. PROKOP und L. PROKOP nach einer Umfrage bei Kraftfahrern über das Einschlafen am Steuer. Die größte Bereitschaft, während der Fahrt einzuschlafen, bestand zur Mittagszeit (25 % der Einschlaffälle) und besonders zu den Stunden nach Mitternacht (58 %).

Besonders sinnfällig und beweiskräftig für die rhythmische Funktion des Schlafes dürfte wohl das Verhalten des Neugeborenen sein, der bei Tag und bei Nacht "ständig" schläft. Schon 1892 wies CZERNY darauf hin, daß der Säugling im Gegensatz zum Erwachsenen über "mehrere Schlafperioden" verfügt.

TRÖMNER scheint bereits 1912 etwas von einer Entwicklung dieser Tagesrhythmik geahnt zu haben, wenn er auf die Ausführungen von CZERNY hin schreibt: "Mit wachsendem Alter verlängert sich der Schlaf dadurch, daß zwei oder mehrere Schlafperioden gewissermaßen zu einer einzigen verschmelzen, so daß die in den ersten Lebensjahren noch wahrnehmbaren Zäsuren sich mehr und mehr verwischen". Es war nicht ganz zufällig, daß TRÖMNER sich gerade damals über die Ontogenese der Schlafrhythmik Gedanken machte.

Kurz vorher hatte nämlich SZYMANSKI durch seine Untersuchungen über die Ruhe und Aktivitätsphasen bei Tier und Mensch zur Frage der phylogenetischen Entwicklung schon Anregungen gegeben. Auf Grund fortlaufender Messungen der Ruhe und Aktivität bei verschiedenen Tierarten konnte SZYMANSKI zwei Tiertypen in Bezug auf den Periodenwechsel bestimmen.

Die "optischen Tierarten", die sich überwiegend aus Vertretern eines gut entwickelten Gesichtssinnes zusammensetzen, zeigten innerhalb von 24 Stun den einen "monophasischen" Ruhe- und Aktivitätszyklus. Zu ihnen zähle au der erwachsene Mensch, welcher im Laufe des Tages und in der Nacht je- weils eine große Ruhe- und Aktivitätsphase aufweise. "Der menschliche Säugling hingegen, bei dem der Tastsinn neben dem Geschmacksinn präve- liert", zeige wie die "taktilen und osmatischen Tierarten", "eine ausgespro chene Polyphasie".

In einer sorgfältigen Untersuchung über das Schlaf-Wachverhalten des Kin- des gelang es nun KLEITMAN und ENGELMANN 1953 den Entwicklungsgang des polyphasischen Typus der Neugeborenen zum monophasischen des älteren Kindes und Erwachsenen hin genauer aufzuzeichnen. Durch fortlaufende Re- gistrierung der Ruhe und Aktivität bei 19 Säuglingen von der 3. bis zur 26. Lebenswoche, kamen die Untersucher zu folgenden Ergebnissen:

In den ersten Lebenswochen waren die Zeiten für Schlafen und Wachen noch ziemlich unregelmäßig über die verschiedenen Tages- und Nachtstunden ver teilt. Jedoch ließ sich schon bei den jüngsten Kindern ein geringer Unter- schied des Schlaf-Wachverhältnisses zwischen Tag und Nacht feststellen: In der dritten Lebenswoche schliefen die Kinder nachts durchschnittlich 8,5 Stu den, am Tag hingegen nur 6,4 Stunden. Mit zunehmendem Lebensalter ver schob sich das Verhältnis immer mehr zugunsten des Nachtschlafs. Bis zur 12. Lebenswoche hielten sich die Zunahme des Nachtschlafs und Vermindе- rung des Tagschlafs annähernd die Waage. Während aber die nächtliche Schlafquote von dieser Zeit an unverändert blieb, war eine weitere Verkür- zung des Tagschlafs bis zur 26. Lebenswoche festzustellen. Die endgültige Schlafzeit betrug jetzt insgesamt 3,6 Stunden am Tage und 10,1 Stunden in der Nacht.

Die von den Autoren aufgezeichnete Tageskurve des Schlaf-Wachverhältnis- ses ergab eine ähnliche Amplitudenvergrößerung im ersten Lebenshalbjahr des Kindes, wie die Entwicklung der Tagesperiodik der Körpertemperatur. Nur hatte sich der Nachtschlaf schon in der 12. Lebenswoche endgültig be- festigt, während die nächtliche Verminderung der Körpertemperatur noch bi zum 2. Lebensjahr anhielt.

Die Entwicklung des Schlaf-Wachverhaltens am Tage schien jedoch auch mit der 26. Lebenswoche noch nicht ganz abgeschlossen zu sein. KLEITMA und ENGELMANN fanden für diese Altersstufe noch zwei kurze Schlafperiod

im Vor- und Nachmittag. Das entspricht auch den Beobachtungen von GESELL, der bei einem Kind mit selbstgesetztem Schlafschema in der 28. Lebenswoche noch zwei kurze "naps" am Tage feststellte. Die endgültige Verlegung des Tagschlafs auf die Mittagszeit von 11 - 13 Uhr scheint nach Angaben von GESELL erst mit der 52. Lebenswoche vollzogen zu sein.

Die Entwicklung dieser Tagesrhythmik führte KLEITMAN 1952 teils auf endogene, teils exogene Ursachen zurück. Daß der endogene Faktor eine Rolle spielen müsse, schlossen KLEITMAN und CAMILLE aus ihren Versuchen an Hunden, welche nach Entfernung des Großhirns den monophasischen Schlafzyklus verloren und mehrere Schlafperioden im Verlaufe des Tages aufwiesen. Ähnliches konnte GAMPER bei einem "menschlichen Mittelhirnwesen" beobachten, bei dem "die Folge eines regelmäßigen Schlafen und Wachens" erhalten.

Zur Frage nach einem natürlichen, angeborenen Rhythmus, weisen KLEITMAN und ENGELMANN nicht ganz von der Hand. Ihre fortlaufenden Aufzeichnungen über das Schlaf-Wachverhalten eines Kindes vom 11. bis zum 61. Lebenstag wies schon in den ersten Lebenswochen auf eine rhythmische Gliederung der Tageskurve hin. Dieser Rhythmus, der mehr einer 25-Stundenperiodik glich, hatte sich schon nach mehreren Wochen dem 24-Stundenzyklus des Tages angepaßt. Die Autoren folgern daraus:"Under ordinary conditions, community and family routine of living is sufficiently dominant to prevent periodicity other than the 24-hour one from manifesting itself during acculturation". Als Ursache für das Entstehung der 24-Stundenrhythmik kämen demnach hauptsächlich exogene Faktoren in Betracht. Diese seien in erster Linie sozialer Natur, wie in dem Wort "acculturation" angedeutet wird. "Acculturation" bedeute nach GESELL die Anpassung des kindlichen Organismus an den routinemäßigen Ablauf des täglichen Lebens (KLEITMAN 1952).

Verschiedene Angaben aus jüngerer Zeit lassen vermuten, daß die vorgezeigte Entwicklung einer Tagesperiodik im Kindesalter nicht auf den Temperatur- und Schlaf-Wachrhythmus beschränkt ist, sondern im Rahmen einer allgemeinen Gesetzmäßigkeit für alle tagesrhythmischen Funktionen Gültigkeit hat.

LUTZIG und VOLLMER wiesen darauf hin, daß Frühgeborene, Neugeborene und ganz junge Säuglinge im Laufe des Tages und der Nacht fast geradlinige Gewichtskurven zeigen, während jenseits des ersten Trimenon deutliche Tagesschwankungen vorherrschten.

Ein gleiches negatives Resultat für das frühe Säuglingsalter erhielten HUNGERLAND und EVERKE, welche nach Prüfung des tageszeitlichen Verhaltens des Wasserhaushalts bei Säuglingen im Alter von 2 bis 4 Monaten noch keine deutlich ausgeprägte Tagesschwankungen feststellen konnten (zitiert nach BROCK). Nach BOSCH sollen diese bereits im Alter von 4 bis 5 Monaten sichtbar sein.

GRUNEWALD und ROMINGER fanden nach regelmäßig morgens und abends durchgeführter Messung des Wasserhaushalts im Blute nur bei Individuen jenseits des ersten Lebensjahrs eine deutliche Tagesschwankung, während im Säuglingsalter unregelmäßige Spontanschwankungen vorherrschen

Auf die Beobachtung von SZYMANSKI, welcher für den jungen Säugling ein ausgesprochene Polyphasie des Ruhe-Aktivitätszyklus schilderte, wurde bereits oben hingewiesen. Ebenso sollen nach RICHARDS und Mitarbeitern die fetalen Kindsbewegungen regellos auf die 24 Stunden des Tages verteilt sein (ASCHOFF).

Auf dem Gebiete der Kreislaufrhythmik sind bisher keine entsprechenden Befunde über die Entwicklung einer Tagesperiodik bekannt geworden. Aus diesem Grunde soll im folgenden die wesentliche Literatur über den Puls, insbesondere über die tageszeitlichen Veränderungen der Pulsfrequenz bei Erwachsenen und Kindern zusammengestellt und später durch eigene Untersuchungen über das tageszeitliche Verhalten des Pulses im frühen Kindesalter ergänzt werden.

III. DIE ENTWICKLUNG DER TAGESPERIODIK DER PULSFREQUENZ

A. Die tagesperiodischen Veränderungen der Pulsfrequenz bei Erwachsenen

Die ersten ausführlichen fortlaufenden Untersuchungen der Pulsfrequenz stammen wohl von GRÜTZMANN. Er beschrieb bereits 1831 seine Beobachtungen über den Tagesverlauf der Pulsfrequenz nach fortlaufenden stündlichen Pulsmessungen bei Erwachsenen folgendermaßen: "Pulsus naturales in universum matutino tempore maxima gaudere frequentia, eam paulatim meridiem versus rarescere et in rarescendo perseverare, usque dum media circiter nocte summa raritate observatur." Außerdem wies GRÜTZMANN schon damals darauf hin, daß dieses Verhalten der Pulsfrequenz unabhängig sei von äußeren Bedingungen wie Schlafen und Wachen, Ruhe und Aktivität, Nahrungsaufnahme und Fasten. Er griff deshalb HALLER an, der den Anstieg des Pulses am Tage und das Absinken in der Nacht auf die erhöhte bzw. verminderte Beanspruchung des Menschen beim Schlafen und Wachen zurückführte. GRÜTZMANN hatte selber beobachtet, daß die regelmäßigen Schwankungen des Pulses auch bei geänderter Tageseinteilung auftraten. Damit hatte GRÜTZMANN schon damals das Wesen einer tagesrhythmischen Funktion beim Menschen erkannt: Die Unabhängigkeit von der Lebensweise.

Diese Befunde wurden später von vielen anderen Autoren bestätigt. Die meisten Untersucher beschäftigte besonders die Wirkung von Schlafen und Wachen, Nahrungsaufnahme und Fasten, auf die Pulsfrequenz. So fand COLOMBO 1899 die tageszeitlichen Änderungen von Puls und Blutdruck auch bei einem Menschen, der nachts nicht schlief und seine Mahlzeit nicht zur gewohnten Zeit einnahm (MENZEL 1942). KLEWITZ stellte 1913 bei seinen Untersuchungen über den "Puls im Schlaf" fest, daß die während des Mittagschlafs bestimmten Meßwerte stets höher als beim Nachtschlaf lagen. Oft war überhaupt keine Frequenzabnahme beim Schlafen am Tage zu beobachten.

Grundlegende Untersuchungen über die tagesperiodischen Schwankungen einiger Körperfunktionen und ihre Unabhängigkeit von äußeren Bedingungen sind 1907 von VÖLKER durchgeführt worden. Bei 4 erwachsenen Individuen wurden

stündlich die Werte von Pulsfrequenz, Blutdruck, Körpertemperatur und anderen physiologischen Funktionen im Laufe von 60 Tagen und Nächten registriert. VÖLER prüfte das Verhalten der Einzelgrößen unter verschiedenen Versuchsanordnungen: Bei den Normalversuchen, die bei gewöhnlicher Tageseinteilung durchgeführt wurden, stellte er fest, daß sich die Pulsfrequenz in weit größerem Maße von äußeren Faktoren beeinflußt zeigte als z.B. die Körpertemperatur. Besonders beachtenswert sei der starke Frequenzanstieg unmittelbar nach den Mahlzeiten, welcher aber nicht bei allen Versuchspersonen gleichermaßen in Erscheinung trat. So war der Puls bei einem Studenten nach dem Essen immer beschleunigt, bei einem anderen dagegen nicht.

Die bei den Normalversuchen ermittelte Tageskurve der Pulsfrequenz zeigte folgenden Verlauf: Am Vormittag stieg sie an, erreichte um 10 Uhr ihr Maximum, fiel gegen Mittag ab umd sich am Nachmittag von 15 - 17 Uhr zu einem zweiten Gipfel zu erheben. Gegen Abend war ein Absinken der Werte, von 20 - 22 Uhr nochmals ein geringer Anstieg zu verzeichnen. Von nun an ging die Pulskurve in eine tiefe Nachtsenke über und erreichte um 5 Uhr ihr Minimum. Dieses gleichmäßige Absinken zur Nacht konnte auch bei den anderen rhythmischen Funktionen festgestellt werden, jedoch zeigten diese am Tage eine viel gleichmäßigere Verlaufsform als die Pulsfrequenz.

In der zweiten Versuchsreihe stellte VÖLKER fest, daß auch bei einer veränderten Tageseinteilung, wie z.B. ein Verlegen der Mahlzeiten auf die Nacht oder Umkehr der Schlafeszeiten, die Minima aller Körperfunktionen in der Nacht gefunden werden. Bei Nüchternversuchen zeigte die Tageskurve der Pulsfrequenz einen viel gleichmäßigeren Verlauf als nach Nahrungsaufnahme. VÖLKER kam zu dem Schluß, daß Wachen und Schlafen, Essen und Fasten, Ruhen und Arbeiten wohl die Amplitude oder Form des Tagesgangs verändern, aber die Tagesrhythmik als solche weder hervorrufen noch verhindern können. Als Ursache für die tagesperiodischen Schwankungen müsse noch eine andere "unbekannte Komponente" wirksam sein.

In einer dritten Versuchsreihe, in der das Verhalten der Körperfunktionen an Personen in Hamburg und Island gleichzeitig geprüft wurde, erwies sich die Tagesperiodik als gebunden an die Ortszeit.

Nähere Einzelheiten über das Verhalten verschiedener Kreislauffunktionen während der Nacht teilte GROLLMANN 1930 mit. Durch stündliches Messen

der Pulsfrequenz und anderer Kreislaufgrößen, welches er an drei erwachsenen Individuen jeweils im Schlaf und unmittelbar darauf nach dem Erwachen vornahm, konnte er folgendes feststellen: Die Pulsfrequenz war im Schlaf um durchschnittlich 5 Schläge vermindert. Der nächtliche Abfall wurde jedoch weder vom Schlafen noch vom Wachen beeinträchtigt und äußerte sich in den korrespondierenden Werten gleichermaßen. Außerdem wies GROLLMANN darauf hin, daß die größte Schlaftiefe nicht bestimmend für das Kreislaufminimum sein könne, da letzteres erst 4 bis 6 Stunden nach dem Einschlafen, die größte Schlaftiefe dagegen schon etwa eine Stunde nach Schlafeintritt festzustellen sei.

Anhand der Daten GROLLMANNs konnte WÖHLISCH 1954 für verschiedene Kreislaufgrößen eigene "cardiale Schlaftiefenzahlen" bestimmen, die nicht mit den "sinnesphysiologischen" identisch sind. Bei letzteren ist die größte Schlaftiefe durch den größten Weckreiz festgelegt. Das Minimum der Kreislauffunktionen sei dagegen weniger durch die Einwirkung des Schlafes als durch den zeitlichen Einfluß während der Nacht bedingt. Diese "Nachteffektzahl" erreiche um 5,30 Uhr, also erst etwa sieben Stunden nach Schlafbeginn ihr Maximum. Die "gewöhnliche Schlaftiefenzahl", die nur vom Schlaf bestimmt wird, ist etwa nach fünfstündiger Schlafzeit am größten. Der vom Herzen auf den Kreislauf wirkende Hemmungseffekt sei am wenigsten durch die "reine cardiale Schlaftiefe" hervorgerufen. Diese ergab nämlich unabhängig vom Schlaf und Nachtzeit um 1,30 Uhr den höchsten Wert.

1935 veröffentlichte JORES eine Arbeit über "die Physiologie und Pathologie der 24-Stunden-Rhythmik des Menschen", die grundlegend für die gesamte Rhythmikforschung wurde. Nur die von Ruhe, Bewegung, Nahrungsaufnahme und Schlaf unabhängigen Perioden bezeichnet JORES als "echte Tagesrhythmen". Sie ließen nur eine Bindung an die Ortszeit erkennen. Auch die Pulsfrequenz zählt JORES zu den echten Tagesrhythmen. Über die Wirkung des Schlafes auf Puls und Blutdruck schreibt er: "Es ist selbstverständlich und soll durchaus nicht verkannt werden, daß der Schlaf diesen Rhythmus gleichsinnig beeinflußt und dadurch das Absinken von Blutdruck und Herzfrequenz noch verstärkt." Auf Grund der Beobachtungen von VÖLKER und KLEWITZ führte er weiter aus: "Die Pulsfrequenz, der Blutdruck haben gegen 18 Uhr ihr Maximum, dann sinken sie auch unabhängig vom Schlaf ab zu einem Minimum um 4 Uhr. Der Schlaf wirkt auf diesen Rhythmus nur verstärkend, er stellt nicht die Ursache dar. Die Beobachtung, daß auch ähnliche Umstellungen auch im Tagschlaf vollziehen, spricht nicht

gegen diese Schlußfolgerung. Das Absinken von Puls und Blutdruck im Tagschlaf ist lediglich die Folge der Ruhelage wie das Ausschalten äußerer Reize".

Nach den grundlegenden Darlegungen von JORES über sämtliche tagesrhythmische Lebensvorgänge, bearbeitete MENZEL 1942 das Teilgebiet der Kreislaufrhythmik gesondert. Über die Gipfelwerte der Pulsfrequenz fand er in der Literatur unterschiedliche Angaben. Einige Untersucher hätten ein Maximum zur Mittagszeit, andere noch zusätzlich einen zweiten Gipfel in den Stunden vor Mitternacht gefunden. Die Zeit der niedrigsten Pulswerte sei jedoch von allen übereinstimmend zwischen 0 und 5 Uhr angegeben worden. Anhand von eigenen Untersuchungen konnte MENZEL nachweisen, daß das nächtliche Absinken derPulsfrequenz auch nach Kreislaufbelastung bewahrt bleibt. Allen diesen Beobachtungen widerspreche jedoch nicht, daß "der Tagesgrundrhythmus des Pulses - besonders bei dem leicht erregbaren vegetativen System der Kinder - selbst im tiefen Nachtschlaf verwischt sein kann". MENZEL berief sich dabei auf Angaben von BRODMANN und TRÖMNER.

BRODMANN beobachtete in seinen "plethysmographischen Studien am Menschen" die Puls- und Volumenschwankungen des Vorderarms und des Gehirns unter verschiedenen äußeren Bedingungen. Dabei stellte er fest, daß der Puls selbst im Schlaf durch verschiedene Sinneseindrücke zu beeinflussen ist. "Es genügt ein Laut, ein fernes Geräusch, ein Lichtstrahl der durch die Augenlider dringt, eine leise Berührung oder eine beliebige äußere Einwirkung, damit die Herzschläge heftiger und frequenter werden." Beim Einschlafen fand BRODMANN die Pulsfrequenz meist verlangsamt und im tiefen Schlaf sehr langsam und regelmäßig. Beim Erwachen sei entscheidend, ob der Mensch mit oder ohne Affekt aufwache. Jeder [illegible]starke Weckreiz führe zu einer Beschleunigung der Pulsfrequenz, während sich beim affektfreien Erwachen keine wesentliche Veränderung zeige. Auf die Frage nach den tagesrhythmischen Schwankungen des Pulses geht BRODMANN nicht näher ein. Auch TRÖMNER wies in seiner Studie über den Schlaf im Rahmen dieser Fragestellung auf die Untersuchungen von BRODMANN hin. Bei zwei Kindern im Alter von 2 und 14 Jahren konnte TRÖMNER selber eine große Variabilität des Pulses während des Schlafens feststellen.

Die Angabe MENZELs, daß "der Tagesgrundrhythmus des Pulses" "besonders bei dem leicht erregbaren vegetativen System der Kinder" verwischt sein kann, findet in den Untersuchungen von BRODMANN und TRÖMNER aber nur eine geringe Stütze. Aus diesem Grunde wollen wir nun diese noch offene Frage zunächst in der pädiatrischen Literatur näher ergründen und sie später durch die eigenen Untersuchungen zu klären suchen.

B. Der kindliche Puls (allgemein)

1. Die Beeinflussung durch äußere Faktoren

Der Puls des Kindes wird in noch viel höherem Grade von äußeren Einflüssen bestimmt als der des Erwachsenen. Schon die älteren Lehrbücher der Pädiatrie weisen auf die großen Schwierigkeiten hin, die sich bei den Pulsmessungen besonders im Säuglingsalter ergeben. So schreiben VOGEL, HENOCH und GERHARD bereits am Ende des vergangenen Jahrhunderts, daß zuverlässige Pulswerte beim Kinde nur während des Schlafens oder bei größter Ruhe zu ermitteln seien.

V. SCHÖNBECK, der 1894 den Puls bei Neugeborenen im Verlaufe der ersten Lebenswoche näher untersuchte, fand diesen "außerordentlich labil". Schon die "leichtesten Reize" führten "zu einer hochgradigen, fast fieberhaften Frequenz der Herztätigkeit". So könne man bei Urin- und Stuhlentleerung, Lageveränderung und Körperbewegung und beim Trinken einen Anstieg der Werte beobachten. Beim Schreien war häufig eine Zunahme bis zu 40 Pulsschlägen festzustellen. Auch die Tatsache, daß die von v. SCHÖNBECK untersuchten Kinder immer ausgezogen werden mußten - er bestimmte die Anzahl der Herzschläge auskultatorisch mit dem Holzstethoskop - zog häufig eine Pulsbeschleunigung nach sich. Bei schlafenden Kindern fand v. SCHÖNBECK den Puls meist verlangsamt.

Besonders interessierte den Autor das Verhalten des Pulses unmittelbar nach der Geburt. In den ersten drei Stunden nach der Abnabelung kontrollierte er die kindlichen Herztöne jede zehnte Minute. Schon der erste Schrei war von einer erheblichen Frequenzsteigerung begleitet. Später wurde der Puls wieder langsamer, erhöhte sich jedoch sofort wieder, wenn das Kind schrie oder sich lebhaft bewegte. Ein entsprechendes Absinken der Werte, wie bei der Körpertemperatur, die sich in den ersten Lebensstunden in der Regel um 3 - 4 ^{o} vermindert, konnte v. SCHÖNBECK bei der Pulsfrequenz nicht beobachten: "Die Pulskurve unterscheidet sich in nichts von der der folgenden Tage". Die Messungen, die in den folgenden Lebenstagen jeweils morgens und abends in tiefen Schlaf vorgenommen wurden, ließen keine gesetzmäßigen Unterschiede erkennen. Wohl differierten die Einzelwerte beträchtlich, jedoch waren die Durchschnittswerte von Morgen- und Abendmessung gleich. Ebenso wiesen auch die an den einzelnen Tagen der ersten

Lebenswoche ermittelten Werte keine Gesetzmäßigkeiten auf, die Pulsfrequenz zeigt sich "an keine bestimmte Regel gebunden".

In einer zusammenfassenden Darstellung über Puls- und Blutdruckmessungen im Kindesalter ging KATZENBERGER 1913 ausführlich auf alle Faktoren ein, die eine Veränderung des kindlichen Pulses bewirken können. Übereinstimmend mit anderen Autoren fand er eine deutliche Verminderung der Pulsfrequenz während des Schlafens, die bis zu 40 Schläge betragen konnte. Diese Angaben decken sich auch mit jüngeren Publikationen (FANCONI WALGREN, SEITZ u.a.). Eine Pulsbeschleunigung war zu beobachten bei Nahrungsaufnahme, Körperbewegung, bei psychischer Erregung, besonders aber beim Schreien. Die bei der Verdauung auftretende Frequenzsteigerung sei nach TIGERSTEDT auf die Zufuhr von Wärme zurückzuführen. Die psychische Beeinflussung fand KATZENBERGER bei älteren Kindern während der ärztlichen Untersuchung besonders groß. Außerdem stellte er Unterschiede beim Lagewechsel fest. Beim Sitzen zeigte sich die Pulsfrequenz meist am höchsten, während sie im Stehen niedriger, noch niedriger aber im Liegen sei. KATZENBERGER stützt sich hier auf Einzelbeobachtungen, die wir im jüngeren Schrifttum nicht bestätigt fanden. So kann z.B. GÜNTHER keine unterschiedlichen Pulszahlen zwischen ruhigem Sitzen und Liegen feststellen. Im Stehen wurden von den meisten Autoren höhere Werte beobachtet als im Liegen. Die Differenz wird für das Kindesalter im allgemeinen mit 10 - 20 Schläge angegeben (BROCK, KIRCHHOFF, MANNHEIMER). Dem "Einfluß der Tageszeit" auf die Pulsfrequenz mißt KATZENBERGER nur wenig Bedeutung bei. Auf die Frage, ob der tageszeitliche Einfluß nicht doch größer ist, als KATZENBERGER annimmt, werden wir später zurückkommen. Die von KATZENBERGER u.a. beschriebene Abhängigkeit der kindlichen Pulsfrequenz von Geschlecht, Körpergröße, Gewicht und Sitzhöhe soll im Rahmen unserer Fragestellung nicht näher behandelt werden. Es ist nicht anzunehmen, daß diese, im Verlaufe eines Tages relativ konstantbleibenden Größen, irgendwelche Veränderungen der Tagesperiodik der Pulsfrequenz bewirken können.

2. Pulswerte in verschiedenen Altersstufen des Kindes

Die leichte Beeinflußbarkeit des kindlichen Pulses und vor allem die großen Meßschwierigkeiten mögen wohl der Grund dafür sein, daß wir im älteren Schrifttum keine ausführlichen, auf einem großen statistischen Zahlenmaterial basierenden Angaben über bestimmte Pulszahlen im Säuglingsalter finden.

KATZENBERGER empfiehlt schon 1913, die Herzfrequenz auskultatorisch mit dem Schlauchstethoskop zu messen. Diese Methode sei besonders bei dem unruhigen Säugling sehr geeignet, weil sie zu sicheren Ergebnissen führe als die oft schwierige Palpation der a. radialis.

Erst in neuerer Zeit fanden durch die indirekte Methode der Pulsbestimmung an Hand des Elektrokardiogramms ausführlichere Erhebungen statt. Ein großes Zahlengut aus 950 Ekg-Aufnahmen bei 450 Kindern verdanken wir NADRAI. Seine Angaben über die Pulsfrequenz im Säuglingsalter erscheinen besonders wertvoll, weil die Untersuchungen mit großer Sorgfalt bei völliger Ruhe der Kinder durchgeführt wurden. Unter Berücksichtigung von entwicklungsphysiologischen Gesichtspunkten teilte NADRAI die Kinder in folgende Altersgruppen ein: Neugeborene der ersten Lebenswoche, "Neugeborene" von 2 - 6 Wochen, Säuglinge im 2., 3. und 4. Trimenon, Kleinkinder im 2. Lebensjahr und Frühgeborene. Die Grenze der Neugeborenenperiode zog NADRAI weiter als es im allgemeinen üblich ist. Nach den Untersuchungen von DUZAR (zit. nach NADRAI) verhalte sich nämlich der kindliche Organismus bis zum Alter von sechs Wochen wie ein Neugeborenes. Erst dann sei die endgültige Umstellung des embryonalen Kreislaufs vollzogen. Bei den Kindern der verschiedenen Altersgruppen konnte NADRAI folgende Ergebnisse ermitteln: In den ersten 3 Lebenstagen zeigte die Pulsfrequenz übereinstimmend mit den Ergebnissen von HECHT, SMITH, BALARD u.a. die niedersten Werte (im Mittel 125/min.). In den nächsten Lebenstagen stieg die Pulsfrequenz an (136/min.), um bis zum Ende des 2. Trimenon etwa gleich hoch zu bleiben (136 - 139/min.). Das Maximum mit 139/min. fand sich in der 2. Lebenswoche. Vom 3. Trimenon an nahm die Pulsfrequenz wieder ab (130/min.) und erreichte im 2. Lebensjahr eine Frequenz von etwa 125/min. Die Schwankungsbreite zwischen den niedrigsten und den höchsten Pulswerten war in allen Altersstufen ziemlich einheitlich und betrug im Durchschnitt 50 - 90 Schläge.

Bei den Frühgeborenen fand NADRAI, ebenso wie bei den Reifgeborenen, in den ersten 3 Lebenstagen relativ niedere Werte (136/min.). Vom Ende der ersten Lebenswoche bis zum Ende des ersten Trimenon betrug die Pulsfrequenz 142 Schläge/min. und fiel schon im zweiten Trimenon wieder auf 133/min. ab.

NADRAI glaubt, daß die bradykarden Werte in den ersten Lebenstagen hauptsächlich durch die Vagustonusschwankung infolge der Hirndruckerhöhung bei der Geburt bedingt seien. Weniger Bedeutung mißt er der Erklärung von

LESNÉ-BINET bei. Diese Autoren meinen nämlich, daß der Abfall der Körpertemperatur nach der Geburt auch eine Verminderung der Pulsfrequenz bewirke (NADRAI). Auch das Hungern (DOXIADES) am 1. Lebenstag kann nach NADRAI wohl kaum die niedrigen Pulswerte hervorgerufen haben, wei der Puls auch in den folgenden Lebenstagen trotz Nahrungsaufnahme noch verlangsamt sei. STOLTE und OHR führen dagegen die Bradykardie auf die relativ hohe Erythrozytenzahl in den ersten Lebenstagen und die dadurch bedingte gute Sauerstoffversorgung zurück.

Im Gegensatz zu diesen Befunden findet sich bei KIRCHHOFF über die kin liche Pulsfrequenz folgende Angabe: "Das Neugeborene hat eine durchschni liche Herzfrequenz von 130 - 150/min., schon in den ersten Lebenstagen wird diese geringer, gegen Ende des ersten Lebensjahres wird eine Durchschnittsfrequenz von 120/min. erreicht. Der Abfall in den folgenden Leben jahren erfolgt noch relativ steil, vom 6. Lebensjahr an wird die Frequenzabnahme kontinuierlich geringer bis in die oft auffallend bradykarden Wert der Pubertät."

KIRCHHOFF glaubte feststellen zu können, daß die in der Literatur niedergelegten Zahlenangaben weitgehende Übereinstimmung mit seinen eigenen Untersuchungen erkennen ließen, die auf Grund von 1 400 Einzelbestimmungen der Herzfrequenz nach Ekg-Aufnahmen errechnet wurden. Wesentlicher als die berechneten mittleren Pulswerte sei jedoch der Streubereich: "Die Schwankungsbreite der Pulsfrequenz ist im Alter von 3 bis 5 Jahren beträchtlich, engt sich im Alter von 6 bis 11 Jahren etwas ein, um sich mit Beginn der Präpubertät wiederum z.T. extrem zu erweitern. Dabei hält sich die Variabilität der Herzfrequenz unter den verschiedenen Individuen in den gleichen Grenzwerten, die den Schwankungen beim einzelnen Individuum entsprechen (HUNGERLAND)". Von entscheidender Bedeutung für alle Zahlenangaben seien aber die Bedingungen unter denen sie gewonnen wurden. Allein die Differenz im tageszeitlichen Rhythmus betrüge 30 bis 40 Schläge/min.

C. Die tageszeitlichen Veränderungen der Pulsfrequenz beim älteren Kinde

Über tageszeitliche Schwankungen der Pulsfrequenz beim älteren Kinde liegen nur vereinzelte Angaben vor. So führten SUTHERLAND und McMICHAEL an 30 Kindern im Alter von 2 - 12 Jahren Pulsmessungen zu verschiedenen Tages- und Nachtzeiten durch. Die Pulsfrequenz wurde jeweils nachts in der Zeit von 1 - 5 Uhr und nachmittags von 13 - 17 während insgesamt 328 Tagen bestimmt. Das Resumée ihrer Untersuchungen beschrieben die Autoren folgendermaßen: "In healthy children the pulse rate shows a diurnal variation, the afternoon-rate being on average 34 beats faster than the early morning rate during sleep". Die Schwankungsbreite zwischen den Tages- und Nachtwerten war bei den einzelnen Kindern sehr unterschiedlich und betrug minimal 21, maximal 46 Schläge. Besonders ausgeprägt seien die tageszeitlichen Differenzen bei nervösen Kindern. Bei Fieber konnte in den meisten Fällen keine nächtliche Verminderung festgestellt werden. Bei einem 11-jährigen Kind wurde auch eine über den Tag und die Nacht fortlaufende zweistündige Pulsmessung durchgeführt. Dabei ließ sich ein Anstieg der Pulsfrequenz am Nachmittag beobachten. In der Nacht zeigte sich ebenso wie bei Erwachsenen eine deutliche Verminderung der Pulswerte.

HUNGERLAND und ZENS ermittelten den Verlauf der Pulsfrequenz während der Nacht. Hundert Kinder im Alter von 3 - 14 Jahren wurden um 19 Uhr, um 24 Uhr, um 2,30 Uhr und um 5 Uhr zwei Nächte hindurch gemessen. Dabei konnte festgestellt werden, daß die Pulsfrequenz im Laufe der Nacht nicht gleich blieb. Es zeigte sich ein Abfall von 19 Uhr (im Mittel 75/min.) bis 2,30 Uhr (61/min.) und von dieser Zeit an ein Anstieg zum Morgen hin (63/min.). Unterschiede in den einzelnen Altersgruppen ließen sich nicht erkennen. Demnach war dieser nächtliche Kurvenverlauf einheitlich ausgeprägt bei Kleinkindern, Schulkindern und bei Kindern im Pubertätsalter. Beim einzelnen Kinde waren die gleichen Stundenwerte in den beiden Nächten zum Teil sehr verschieden. Ebenso ließen sich keine gleichartigen Pulswerte bei den Kindern untereinander erweisen. Diese großen intra- und interindividuellen Unterschiede waren in jeder Altersstufe vorhanden. Nach Angabe der Autoren ist die "intraindividuelle Variabilität der Pulsfrequenz ebenso groß wie die interindividuelle Variabilität". Im Gegensatz zu der allgemein vertretenen Ansicht, daß die Pulsfrequenz mit zu-

nehmendem Kindesalter abnimmt, konnten HUNGERLAND und ZENS zeigen daß die mittlere Ruhepulsfrequenz während der Nacht vom 4. bis zum 15. Lebensjahr praktisch gleichbleibt.

Im Rahmen einer Studie über verschiedene Kreislauffunktionen im Kindesalter untersuchten KIRCHHOFF und EICHLER die Veränderungen der Pulsfrequenz im Verlaufe eines Tages. Die Messungen fanden bei 40 Kindern im Alter von 2 - 14 Jahren in der Zeit von 8 - 20 Uhr in zweiständigem Abstand statt. Mit Ausnahme der Mittagsruhe sei der Tagesablauf in keiner Weise verändert gewesen. Nach den Beobachtungen der Autoren "ist die Pulsfrequenz morgens am niedrigsten; sie steigt in den weiteren Kontrollen an und erreicht mittags bzw. nachmittags die höchsten Werte". Dieses Ergebnis entspräche "den Untersuchungen von SUTHERLAND, der ein Maximum um 16 Uhr feststellte". Hier wäre zu erwähnen - wie oben angeführt daß SUTHERLAND lediglich Nachmittags- und Nachtwerte ermittelte und diese miteinander verglich. KIRCHHOFF und EICHLER wiesen weiter darauf hin, daß die funktionelle Steuerung und Regulation des Kreislaufes im Kindesalter wesentlich stärker vom vegetativen System abhängig sei als im späteren Lebensalter. Deshalb sei die Schwankungsbreite von Pulsfrequenz und anderen Kreislauffunktionen beim Kind besonders groß, so daß sich befriedigende Normalwerte nur unter Berücksichtigung von Lebensalter, Geschlecht und Reifungszustand aufstellen ließen.

Für das erste und zweite Lebensjahr liegen keine Untersuchungen über fortlaufende Pulsmessungen im Laufe eines längeren Zeitraumes vor. Ein Hinweis darauf, daß tageszeitliche Veränderungen in diesem Alter schon festzustellen sind, findet sich bei GRÜTZMANN. In seiner Dissertation vom Jahre 1831 schilderte der Autor auch einzelne Beobachtungen bei Kindern: Bei einem Säugling im Alter von einem Monat, den er in der Zeit von 16 - 1 Uhr ständlich untersuchte, fand er am Nachmittag die Pulsfrequenz am höchsten (140/min.), gegen Abend fiel sie etwas ab und erreichte ihre niedersten Werte gegen Mitternacht (108-110/min.). Bei einem anderen zweijährigen Kinde konnte GRÜTZMANN nur einen geringen Abfall der Pulsfrequenz von 21 Uhr (108/min.) bis Mitternacht (105/min.) beobachten. Bei der nächsten Messung um vier Uhr morgens hatte sie schon wieder um 20 Schläge zugenommen. Zwei ältere Kinder im Alter von sieben und elf Jahren zeigten in den frühen Morgenstunden noch relativ niedere Werte; erst gegen acht Uhr stieg die Pulsfrequenz wieder zum Tagesniveau an. Bei Erwachsenen fand GRÜTZMANN den morgendlichen Anstieg zum Maximum hin noch später gelegen. Auf Grund dieser Einzelbeobachtungen mach

te der Autor eine Feststellung, die wir später durch die eigenen Untersuchungen bestätigen konnten: "Neque non hoc iure inde colligere mihi videor, summam frequentiam mane prius accedere in natu minoribus serius in natu maioribus".

Außer diesen Befunden sind uns keine weiteren Publikationen über tageszeitliche Veränderungen der Pulsfrequenz im frühen Kindesalter bekannt geworden. Wie oben ausgeführt, wurde auch bei älteren Kindern der Verlauf des Pulses entweder nur am Tage (KIRCHHOFF und EICHLER) oder während der Nacht (HUNGERLAND und ZENS) regelmäßig beobachtet. Aus diesem Grunde hielten wir es für angezeigt, durch fortlaufende Messungen der Pulsfrequenz bei Kindern verschiedener Altersstufen von der Neugeborenenperiode bis zum Pubertätsalter zu bestimmen, wie sich die Pulsfrequenz während des Tages und der Nacht verhält.

D. Die Ausbildung von tagesperiodischen Veränderungen der pulsfrequenz im frühen Kindesalter

1. Methodik

a. Auswahl der Kinder

Zur Untersuchung wählten wir Kinder verschiedener Altersstufen aus. Bei der Einteilung der jüngeren Jahrgänge folgten wir NADRAI, der, wie oben erwähnt, die Gruppierung der Kinder für seine elektrokardiographischen Untersuchungen nach entwicklungsphysiologischen Gesichtspunkten vornahm. In Anlehnung daran unterschieden wir: Neugeborene vom 2. - 8. Lebenstag, "Neugeborene" der 2. und 3. Lebenswoche, Säuglinge von 5 - 8 Monaten, Kleinkinder im 2. Lebensjahr und Frühgeborene diesseits und jenseits der 6. Lebenswoche.

Die Kinder im Spiel-, Schul- und Pubertätsalter faßten wir in einer Gruppe zusammen. Wie oben erwähnt, zeigt nach den Untersuchungen von HUNGERLAND und ZENS die mittlere Ruhepulsfrequenz für das Alter von 4 - 13 Jahren eine geschlossene gleichsinnige Größenordnung. Die Streuung der Pulswerte in diesen Altersstufen ist jedenfalls zu groß um signifi-

kante Differenzen feststellen zu können. Aus diesem Grunde glaubten wir auf eine weitere Unterteilung dieser Jahrgänge verzichten zu können.

Die Untersuchung wurde ausgeführt an 51 Kindern in insgesamt 345 Tagesperioden. Die Pulszählung wurde in zweiständigen Intervallen über fortlaufende Tagesperioden durchgeführt. Die Gesamtzahl der Einzelmessungen betrug 3987. Davon erfolgten 3617 Beobachtungen bei Kindern im ersten und zweiten Lebensjahr.

Im einzelnen setzen sich die verschiedenen Altersgruppen folgendermaßen zusammen:

TABELLE 1

	LEBENSALTER	ANZAHL DER KINDER	ANZAHL DER TAGESPERIODEN
I.	Frühgeborene 2 - 3 Wochen	3	24
II.	Frühgeborene 6 - 10 Wochen	5	29
III.	Neugeborene 1. Lebenswoche	10	60
IV.	Neugeborene 2. u. 3. Lebenswoche	3	27
V.	Säuglinge 6 - 18 Wochen	10	74
VI.	Säuglinge 5 - 8 Monate	4	35
VII.	Kleinkinder 11 - 21 Monate	9	71
VIII.	Kinder 4 - 13 Jahre	7	25

Wie aus der Tabelle zu ersehen, ist die Anzahl der Tagesperioden sowie die der Kinder in den verschiedenen Altersstufen sehr unterschiedlich. Der Grund dafür ist teils darin zu suchen, daß in einigen Gruppen, wie z.B. bei den Frühgeborenen, uns nur ein relativ kleines Beobachtungsgut zur Verfügung stand. Andererseits suchten wir die Gruppe III (1. Lebenswoche), V (6 - 18 Wochen) und VII (11 - 21 Monate) mit einem besonders großen statistischen Zahlenmaterial zu belegen, weil die tageszeitlichen Veränderungen in diesen Lebensabschnitten Besonderheiten aufwiesen, auf die wir noch später eingehen werden. Die Kinder von Gruppe VIII (4 - 13 Jahre) wurden nur über einen relativ kleinen Zeitraum untersucht, weil für diese

Altersstufe, wie oben ausgeführt, schon Publikationen über den Tagesverlauf der Pulsfrequenz vorliegen. So blieb die Pulsmessung bei diesen Kindern auf jeweils 3 bis 5 Tagesverläufe beschränkt, während sie sich bei den Kindern des ersten und zweiten Lebensjahres größtenteils über 6 bis 12 Tage und Nächte hinzog.

Infolge der vielgestaltigen Zusammensetzung der Altersstufen mußte die Untersuchung an verschiedenen Plätzen durchgeführt werden. Zur Untersuchung gelangten 20 rekonvalesgente Kinder der Universitäts-Kinderpoliklinik, 10 Neugeborene und 5 Frühgeborene der I. Universitäts-Frauenklinik und 16 Kinder aus dem Säuglingsheim der Blauen Schwestern. [1] Alle Kinder waren gesund und fieberfrei. Bei der Auswahl wurden ruhige Kinder besonders berücksichtigt. Mit besonderer Sorgfalt suchten wir die Klinikkinder aus, um irgendwelche unphysiologischen Veränderungen des Pulses weitgehend ausschließen zu können. Bei den Säuglingen der Universitäts-Kinderpoliklinik handelte es sich zumeist um Kinder, welche sich nach Ablauf einer Dyspepsie, hauptsächlich nur noch zur Pflege in der Klinik aufhielten und einen regulären Anstieg ihrer Gewichtskurven, sowie normale Stühle aufwiesen. Bei den älteren Kindern wählten wir organisch gesunde Kinder aus, welche größtenteils zur psychosomatischen Beobachtung in die Klinik aufgenommen worden waren. Der überwiegende Anteil unseres Beobachtungsgutes setzte sich aus Säuglingen und Kleinkindern vom "Säuglingsheim der Blauen Schwestern" zusammen. Aus der Vielzahl der dortigen Kinder ließen sich, mit freundlicher Unterstützung der Schwestern, leicht mehrere ruhige, gesunde und wohlgedeihende Säuglinge finden. Bei den Neugeborenen der I. Universitäts-Frauenklinik handelt es sich ausschließlich um Spontangeburten. Der erste Lebenstag wurde von der Beobachtung ausgelassen, weil an diesem infolge der Kreislaufumstellung noch mit einer besonderen Belastung des kindlichen Herzens zu rechnen war. Außerdem war der erste Lebenstag durch Wegfall der Nahrung den übrigen Tagen nicht gleichgestellt und kam somit für eine Gesamtauswertung nicht in Betracht. Bei den Frühgeborenen handelt es sich um Kinder, die mit den Zeichen mangelnder Reife zur Welt gekommen waren, jedoch als lebensfähige Kinder nicht in Couveusen aufgezogen werden mußten.

---

1) Dem Direktor der Universitäts-Kinderpoliklinik München, Herrn Prof. Dr. G. Weber, dem Direktor der Universitäts-Frauenklinik München, Herrn Prof. Dr. Bickenbach und dem ärztlichen Leiter des Kinderheims vom "Säuglingsheim der Blauen Schwestern", Herrn Dr. Schmid-Burgk, sind wir für ihre Unterstützung zu großem Dank verpflichtet. Auch der Frau Oberin vom "Säuglingsheim der Blauen Schwestern" danken wir für ihr freundliches Entgegenkommen.

Nähere Angaben über die einzelnen Kinder sind Tab. 2 zu entnehmen. Die Kinder sind nach dem Alter geordnet mit laufenden Nummern versehen. Das angegebene Alter bezieht sich auf den ersten Untersuchungstag. Entsprechendes gilt für das Körpergewicht.

Die Untersuchung wurde durchgeführt an der Kinderpoliklinik in der Zeit vom 8. - 27. August 1955, im Säuglingsheim vom 31. August - 16. September 1955, in der Frauenklinik vom 2. - 8. Oktober 1955. Zur Untersuchung erwiesen sich die Sommermonate als besonders günstig, weil zu dieser Zeit wenig fieberhafte Infekte auftreten, welche die Pulsmessung stören könnten.

b. Untersuchungsbedingungen

Alle Untersuchungen wurden von mir persönlich ausgeführt, so daß einheitliche Versuchsbedingungen gewährleistet waren.

Die Pulsfrequenz ermittelte ich bei den älteren Kindern durch Palpation der a. radialis, bei den Kindern im ersten und zweiten Lebensjahr durch Auskultation des Herzens mit dem Schlauchstethoskop. Letztere Methode, die wie oben erwähnt, schon KATZENBERGER zur Pulszählung [1] im Säuglingsalter benutzte, erwies sich infolge ihrer Einfachheit und Zuverlässigkeit als besonders wertvoll.

Als etwaige Fehlerquellen sind wohl die bei Kindern sehr häufig vorkommenden "Nebentöne" auszuschließen. Nach jüngeren phonokardiographischen Untersuchungen liegen der "dritte Herzton" und der "Vorhofston" meist jeseits des Wahrnehmungsbereiches des Ohres. Nur unter pathologischen Bedingungen erreichten diese Töne eine solche Intensität, daß sie mit dem Stethoskop gehört werden können (MANNHEIMER). Außerdem wird im älteren Schrifttum häufig darauf hingewiesen, daß Extrasystolen auch bei gesunden Kindern zu finden seien (NADRAI). Nach NADRAI sind jedoch diese Angaben unrichtig und beruhen auf technischen Fehlern bei den Ekg-Aufnahmen. NADRAI selbst konnte in etwa 1000 Elektrokardiogrammen bei gesunden Säuglingen niemals Extrasystolen feststellen. Demnach kommen diese auch bei unseren Messungen als Fehlerquelle nicht in Betracht.

1) Zwischen "Puls"- und "Herzfrequenz" wird hier bewußt kein Unterschied gemacht, um im Rahmen der Fragestellung über die "Tagesperiodik der Pulsfrequenz" mit der im Schrifttum üblichen Nomenklatur konform zu gehen.

Tab. 2

Beobachtungsgut

Altersgruppe	Lfd. Nr. des Kindes	Name (Geschlecht)	Geburtsdatum	Alter	Gewicht (kg)	Anzahl der Mahlzeiten tags	Anzahl der Mahlzeiten nachts	Ort der Beobachtung *)	Diagnose:	Zahl der untersuchten Tagesverläufe
I. Frühgeborene 2-3Woch.	1	Z. (w)	21.10.55	12 Tage	1,9	4	2	F	-	8
	2	Sch. (w)	17.10.55	16 Tage	2,1	4	2	F	-	8
	3	Li. (w)	12.10.55	21 Tage	2,4	4	2	F	-	8
II. Frühgebotene 6 - 10 Wochen	4	Ja. (w)	28. 9.55	6 Wochen	2,2	4	2	F	-	8
	5	Sr. (w)	18. 9.55	7 Wochen	3,3	4	2	F	-	6
	6	S. Matthias	22. 6.55	9 Wochen	2,8	4	3	K	-	5
	7	M. Beate	7. 6.55	10 Wochen	2,3	4	3	K	Zwillingsfrühgeburt	5
	8	M. Ursula	7. 6.55	10 Wochen	3,2	4	2	K		5
III. 1. Lebenswoche	9	Wo. (w)	1.11.55	2 Tage	3,5	5	-	F	-	7
	10	Kö. (w)	1.11.55	2 Tage	3,3	5	-	F	-	6
	11	Ku. (w)	2.11.55	2 Tage	3,4	5	-	F	-	6
	12	Ar. (w)	2.11.55	2 Tage	3,4	5	-	F	-	6
	13	H. (w)	2.11.55	2 Tage	4,0	5	-	F	-	4
	14	Ti. (w)	3.11.55	2 Tage	3,4	5	-	F	-	7
	15	Ps. (w)	31.10.55	2 Tage	2,8	5	-	F	-	6
	16	Schw. (w)	30.10.55	3 Tage	3,3	5	-	F	-	6
	17	Ge. (m)	30.10.55	3 Tage	3,1	5	-	F	-	6
	18	Pu. (w)	31.10.55	3 Tage	3,3	5	-	F	-	6
IV. 2.+3. Lebenswoche	19	K. Heinz	25. 8.55	8 Tage	3,1	4	2	S	-	10
	20	G. Inge	20. 8.55	11 Tage	3,2	4	2	S	-	12
	21	D. Christian	6. 8.55	16 Tage	4,0	4	2	K	n. geheilter Dyspepsie	5
V. 6 - 18 Wochen	22	H. Hendrik	21. 7.55	6 Wochen	4,5	4	2	S	-	8
	23	K. Roland	28. 6.55	7 Wochen	4,4	4	2	K	n.geheilter Dacryocystitis	5
	24	L. Anneliese	31. 5.55	9 Wochen	3,7	4	2	K	nach geheilter Dyspepsie	11
	25	S. Claus	12. 6.55	11 Wochen	4,8	4	2	S	-	12
	26	B.Christine	27. 5.55	11 Wochen	4,9	4	2	K	nach geheilter Dyspepsie	5
	27	N. Peter	5. 6.55	12 Wochen	4,5	4	2	S	-	10
	28	N. Manfred	27. 5.55	12 Wochen	5,2	4	2	S	-	33
	29	B.Heidemarie	15. 5.55	15 Wochen	3,1	4	2	K	nach geheilter Dyspepsie	5
	30	B. Jana	24. 4.55	18 Wochen	5,7	4	2	S	-	3
	31	D. Frank	22. 4.55	18 Wochen	6,4	4	1	S	-	12
VI. 5 - 8 Monate	32	N. Manfred	5. 2.55	5 Monate	7,5	4	1	K	nach geheilter Rachitis	5
	33	S. Ingrid	12. 2.55	6 Monate	7,8	4	1	K	nach geheilter Dyspepsie	10
	34	M. Robert	16. 2.55	6 Monate	8,2	4	1	S	-	12
	35	S. Gabriele	20.12.55	8 Monate	8,0	4	1	S	-	8
VII. 11 - 21 Monate	36	W. Kurt	27. 9.55	11 Monate	9,6	4	-	S	-	4
	37	F. Christine	25. 9.55	11 Monate	8,6	4	1	S	-	3
	38	W. Hugo	30. 7.54	14 Monate	10,8	4	-	S	-	10
	39	H. Evi	6. 7.54	14 Monate	9,3	4	-	S	-	12
	40	M. Nicolo	29. 4.54	15 Monate	9,9	4	-	K	n. oper. Nephrolithiasis	6
	41	T. Herbert	29. 4.54	15 Monate	10,4	4	-	S	-	11
	42	P. Gerdi	18. 3.54	17 Monate	9,4	4	-	K	Ekzem	6
	43	G. Rudolf	18. 3.54	18 Monate	12,0	4	-	S	-	12
	44	W. Editha	9.12.53	21 Monate	9,2	4	-	K	Anämie	7
VIII. 4 - 13 Jahre	45	M. Hansi	21. 2.51	4 Jahre	17,0	4	-	K	Unterentwicklung	4
	46	F. Adriane	18. 2.51	4 Jahre	15,8	4	-	K	Verdacht auf Epilepsie	3
	47	R.Anneliese	24. 7.49	6 Jahre	17,8	4	-	K	Leberschaden?	4
	48	R. Brigitte	28.12.48	8 Jahre	20,0	4	-	K	Erziehungsschwierigkeiten	3
	49	R. Günther	4. 4.47	8 Jahre	21,6	4	-	K	dto.	4
	50	L. Sigrid	21. 1.44	12 Jahre	36,0	4	-	K	zur psychosomat.Beobachtg.	3
	51	W. Brigitte	20.10.41	13 Jahre	27,0	4	-	K	Minderwuchs	4

*) K = Kinderklinik; S = Säuglingsheim; F = Frauenklinik

Je nach Regelmäßigkeit der Herzaktion zählte ich eine halbe, eine oder zwei Minuten lang. Für die Dauer der Auszählung war ausschlaggebend, daß wenigstens zwei aufeinanderfolgende Viertelminuten in ihrer Frequenz übereinstimmten. Differierten sie um zwei oder mehr Schläge, so zählte ich solange weiter, bis eine gleichmäßige Frequenz festzustellen war. Besonders bei Säuglingen ergaben schon kleinste Bewegungen des Kindes Differenzen, sodaß nur ein sorgfältiges Messen in Ruhe hinreichend genaue Werte gewährleistete.

Im Falle von respiratorischen Arrhythmie wurden jeweils mindestens zwei volle Minuten ausgezählt, weil die Schwankungen für eine Zahlung in kleineren Zeiteinheiten zu groß sind, um zuverlässige Werte zu ermitteln.

Bei der Auskultation wurden die Kinder auch im Schlaf nicht gestört. Die lauten kindlichen Herztöne konnten durch die Kleidung gut wahrgenommen werden, ja selbst von rückwärts her waren sie deutlich zu hören, sodaß ich die Kinder aus ihren oft eigenartigen Schlafstellungen zur Pulszählung nicht umdrehen und wecken mußte. Während der Untersuchung achtete ich auf größtmögliche Ruhe und führte nachts die Messung bei Taschenlampenbeleuchtung durch. Schreiende Kinder ließen sich meistens schnell mit dem Schnuller beruhigen. War das nicht möglich, so unterblieb die Auskultation. Im allgemeinen gewöhnten sich die Kinder bald an die routinemäßigen zweistündigen Untersuchungen, sodaß sich auch eine psychische Beeinflussung weitgehend ausschalten ließ. Die älteren Kinder untersuchte ich tagsüber, mit Ausnahme wenn sie schliefen, im Sitzen. Die jüngeren Kinder wurden meistens im Liegen, seltener auch im Sitzen auskultiert.

Der Tagesgang der Kinder verlief im ganzen regelmäßig und wies keine außergewöhnlichen Belastungen auf. Ziemlich einheitlich war an den verschiedenen Plätzen die Zeit für die Mittagsruhe: zwischen 12 und 14,30 Uhr und für die Nachtruhe: zwischen 18 und 5 Uhr. Bei der 19-Uhr-Messung schliefen die Säuglinge meistens schon; die älteren Kinder waren dagegen oft noch bis 21 Uhr wach. Nachts wurden die Säuglinge, je nach Alter, ein- bis zweimal zum Trinken und Trockenlegen geweckt (gegen 22 und 5 Uhr). Diese Störung wirkte sich jedoch nicht merklich auf die übrige Nachtruhe aus. Wohl nahmen diese nächtlichen Pflegevorrichtungen, insbesondere in den größeren Sälen, wo mehrere Kinder zusammenlagen, oft bis zu eine halbe Stunde in Anspruch. Danach schliefen aber die Kinder meist ruhiger als zuvor, wo sie schon vorher unruhig - oft schreiend - nach der Flasche verlangt hatten. Auch um 5 Uhr morgens herrschte in den verschiede-

nen Häusern noch Nachtruhe. Erst der 7-Uhr-Wert, der im Anschluß an die Morgenmahlzeit und das Baden und Wickeln erhoben wurde, stellte den ersten Tagwert dar.

Die Zeiten für Schlaf und Mahlzeiten waren ebenso wie die Anzahl der Mahlzeiten entsprechend dem Alter (s. Tab. 2), an den verschiedenen Häusern einheitlich geregelt. Aus diesem Grunde fühlten wir uns berechtigt, auch die an verschiedenen Plätzen untersuchten Kinder in gleichen Altersstufen zusammenzufassen. Größten Wert legte ich auf eine regelmäßige Durchführung der Pulsmessung, immer zu den ungeraden Stunden des Tages. Die Auszählung dauerte insgesamt etwa 20 - 30 Minuten, da zu einem Untersuchungsgang jeweils etwa 10 Kinder herangezogen wurden. Dabei hielt ich, soweit dies möglich war, die gleiche Reihenfolge ein, sodaß die Kinder einer Altersstufe immer wieder zur gleichen Zeit untersucht wurden. Dieses Vorgehen ermöglichte es auch, einer geregelten Tageseinteilung Rechnung zu tragen. Fielen die Mahlzeiten mit den Meßzeiten zusammen, so nahm ich die Messung jeweils vor, bzw. nach der Mahlzeit vor.

Für jedes Kind legte ich ein eigenes Untersuchungsblatt an mit den persönlichen Daten und Meßwerten. Um die Abhängigkeit der Pulsfrequenz von äußeren Bedingungen feststellen zu können, wurde neben der Pulsmessung jeweils genau registriert, ob das Kind schlief oder wachte, ob es auf war oder spielte, ob eine Mahlzeit vorausgegangen war oder nachfolgte und zu welcher Zeit das Kind trocken gelegt oder gebadet wurde. Außerdem notierte ich täglich die Rektaltemperatur. Kinder, die während der Untersuchungszeit höhere Temperaturen oder Fieber aufwiesen, wurden von der Beobachtung abgesetzt.

Die täglichen Pulswerte zeichnete ich in Kurven auf. Dadurch konnte man schon während der Untersuchung den Tagesverlauf der Pulsfrequenz bei den einzelnen Kindern verfolgen und Unterschiede in den verschiedenen Altersstufen feststellen.

. Untersuchungsergebnisse

. Die tageszeitlichen Veränderungen der Pulsfrequenz im Laufe des Kindesalters

aa. Der Pulsanstieg in der ersten Lebenswoche

Zunächst interessiert das Verhalten der Pulsfrequenz in der Neugeborenenperiode, insbesondere in der ersten Lebenswoche. Die gefundenen Werte waren bei jedem Kind im Verlaufe des Tages sehr verschieden. Außerdem ließen sich auch bei den Kindern untereinander keine einheitlichen Werte ermitteln.

Nach den Untersuchung von NADRAI, welcher niedrigere Pulswerte am 1. - 3. Lebenstag gegenüber denen am 4. - 8. Lebenstag feststellte, mußte erwartet werden, daß die Pulsfrequenz im Laufe der ersten Lebenswoche ansteigt. Um dieses trotz der großen inter- und intraindividuellen Schwankungen nachweisen zu können, wandten wir folgendes Verfahren an: Wir ermittelten für jedes Kind die Pulsfrequenz des 2. und 3. Tages, berechneten daraus das arithmetische Mittel und setzten diesen Wert gleich 100 Prozent. Dann berechneten wir die mittlere Pulsfrequenz der folgenden Tage als prozentuale Schwankungen um diesen Mittelwert aus der Pulsfrequenz vom 2. und 3. Tag.

Die auf diese Weise gefundenen Ergebnisse sind in der Abb. 1 zu erkennen. Der Verlauf der mittleren Tagespulsfrequenz innerhalb der ersten 7 Lebenstage bei den verschiedenen Kindern ist durch die gestrichelten Linien wiedergegeben. Es zeigt sich, daß eine große Streuung an den einzelnen Lebenstagen vorhanden ist. Trotzdem läßt die aus den einzelnen Werten errechnete Mittelkurve erkennen, daß die Pulsfrequenz während der ersten Lebenswoche ansteigt. Nur viermal unterschritten die mittleren Tagespulswerte der einzelnen Kinder das Niveau des 2. und 3. Tages, und alle anderen Pulszahlen lagen oberhalb dieses Wertes. Demnach fand vom 4. bis zum 7. Lebenstag eine Steigerung der mittleren Tagespulsfrequenz von etwa 10 % gegenüber dem vom zweiten und dritten Lebenstag errechneten Mittelwert statt.

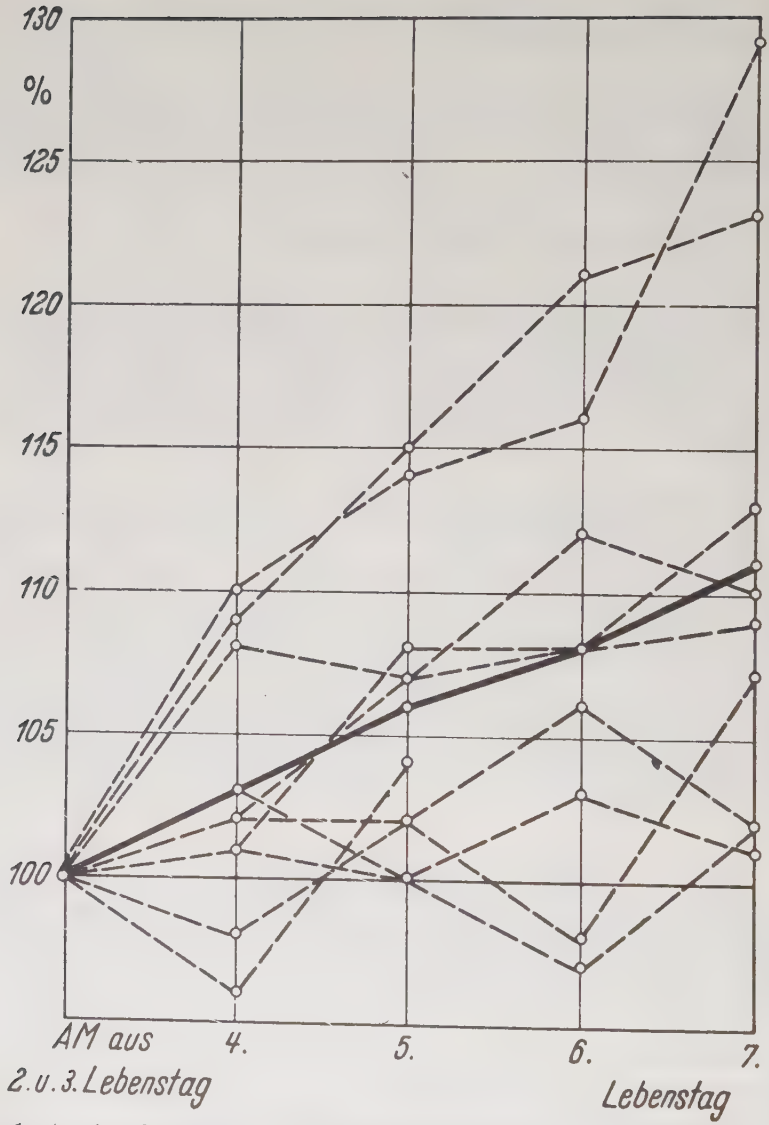


Abb. 1: Anstieg der mittleren Tagespulsfrequenz in der 1. Lebenswoche (ausgedrückt in Prozent des AM aus der mittleren Tagespulsfrequenz des 2. und 3. Lebenstages).

—— = Mittelkurve; --- = Verlauf bei 10 verschiedenen Kindern

bb. Die mittlere Tagespulsfrequenz bei den einzelnen Kindern

Der Anstieg der Pulsfrequenz in der ersten Lebenswoche läßt sich auch aus den Absolutwerten der mittleren Tagespulsfrequenz ablesen, nur tritt er hier infolge der großen individuellen Schwankungen nicht so deutlich zutage. Tab. 3 zeigt die von jedem Tag, also aus jeweils 12 Stundenwerten errechnete mittlere Pulsfrequenz bei den von uns untersuchten Kindern. Die einzelnen Tagesperioden sind auf der Tabelle oben, die laufenden Nummern der Kinder, entsprechend Tab. 2, am Rande links angegeben.

Bei den Kindern der ersten Lebenswoche (Nr. 9 - 18) erscheinen die Zahlen relativ niedrig, verglichen mit den Pulswerten der Altersgruppen darüber (Frühgeborene) bzw. darunter (2. und 3. Lebenswoche). Außerdem ist wohl trotz der großen Schwankungen an den einzelnen Lebenstagen eine ansteigende Tendenz zum letzten Beobachtungstag hin (= 7. bzw. 8. Lebenstag) bei Gruppe III (1. Lebenswoche) unverkennbar. Die Differenz zwischen dem ersten und letzten Beobachtungstag konnte 40 Pulsschläge betragen wie z.B. bei Kind Nr. 12. Meist verlief jedoch der Anstieg allmählicher und zwar bei einem Kind mehr, beim anderen weniger ausgeprägt. Auch am 8. Lebenstag lag die Pulsfrequenz noch über den am 7. Lebenstag gefundenen Werten. (Die bei den Kindern Nr. 9 und Nr. 14 - 18 zuletzt stehenden Zahlen sind am 8. Lebenstag bestimmt worden.)

Der Frequenzanstieg des Pulses scheint mit dem 8. Lebenstag noch nicht abgeschlossen zu sein, sondern sich auch in den folgenden Lebenswochen noch weiter fortzusetzen bis zur 6. Lebenswoche hin. Vergleicht man nämlich die Werte von Gruppe IV (2. und 3. Lebenswoche) und V (6 - 18 Wochen), so beträgt die aus allen Tagesperioden berechnete durchschnittliche mittlere Tagespulsfrequenz in der 2. und 3. Lebenswoche noch 124 - 131, während von der 6. bis zur 18. Lebenswoche alle Durchschnittswerte über 133/min. liegen, im Mittel etwa 140/min. Ob die Zunahme der Pulsfrequenz im Laufe der zweiten und dritten Lebenswoche ebenso kontinuierlich erfolgte wie in der ersten, läßt sich an Hand des geringen Beobachtungsmaterials von Gruppe IV nicht genau feststellen.

Die Werte von Kind Nr. 19 und 21 lassen eine ansteigende Tendenz erkennen, diejenigen von Kind Nr. 20 dagegen nicht. Die auffallend hohen Pulswerte von der 6. Lebenswoche an könnten auch auf eine plötzliche, in dieser Zeit stattfindende erneute Frequenzzunahme hinweisen.

Von der sechsten bis zur achtzehnten Lebenswoche blieb die durchschnittliche mittlere Tagespulsfrequenz der einzelnen Kinder etwa gleich, obwohl die einzelnen Tageswerte auch in dieser Gruppe noch erhebliche Schwankungen aufwiesen. Bei dem letzten Kind von Gruppe V (Nr. 31), das wie das vorausgehende 18 Wochen alt war, ließen sich zum ersten Mal wieder niedere Werte feststellen (im Mittel 129/min.). Von nun an war eine fortschreitende Verminderung der mittleren Tagespulsfrequenz mit zunehmendem Alter der Kinder zu beoachten. Der Rückgang scheint, wie schon aus den unterschiedlichen Werten der beiden gleichaltrigen Kinder (Nr. 30 und 31) hervorgeht nicht immer gleichzeitig einzusetzen.

Auch innerhalb von Gruppe VI (5 - 18 Monate) sind große individuelle Unterschiede zu beobachten, jedoch sind alle Werte gegenüber der vorausgehenden Altersstufe vermindert. Von 15 Monaten an (Nr. 40 und 41) liegen alle Durchschnittszahlen der einzelnen Kinder unter 120 und jenseits des 4. Lebensjahres wurde kein Wert mehr über 106 gefunden. Innerhalb der letzten Altersgruppe ist jedoch eine weitere Verminderung nicht zu erkennen. So unterscheiden sich die mittleren Pulswerte eines Kindes im Alter von 4 Jahren (Nr. 45) praktisch kaum von denen eines Dreizehnjährigen (Nr. 51), obwohl die Zwischenjahrgänge oft erhebliche Differenzen aufweisen. Auf jeden Fall waren aber die interindividuellen Unterschiede in dieser Altersstufe größer als die intraindividuellen. Bei den einzelnen Kindern differierten die Werte an den fortlaufenden Beobachtungstagen höchstens um 7 Pulsschläge, während die Differenzen der Kinder untereinander maximal 30 Schläge betragen konnten.

Der bei den reifgeborenen Kindern festgestellte Anstieg der Pulsfrequenz scheint sich auch in den Werten der Frühgeborenen anzudeuten. Bei dem jüngsten Kind von Gruppe I (Frühgeborene unter 6 Wochen) war die durchschnittliche mittlere Tagespulsfrequenz noch am niedrigsten (147/min.), stieg dann mit zunehmendem Alter an, um bei Kind Nr. 4 (6. Lebenswoche) einen Kulminationspunkt zu erreichen (157/min.). Im Gegensatz zu den gleichaltrigen reifgeborenen Kindern, deren Werte erst gegen Mitte des 2. Trimenon wieder zurückgingen, war bei den Frühgeborenen schon von der 7. Lebenswoche (Nr. 5) an ein Abfall festzustellen.

Bis zur 6. Lebenswoche lag die durchschnittliche mittlere Tagespulsfrequenz bei den Frühgeborenen von Gruppe I höher als die Mittelwerte aller normalgeborenen Säuglinge. Von diesem Zeitpunkt an näherten sich die Zahlen der Frühgeborenen allmählich den Werten ihrer gleichaltrigen reifgeborenen Altersgenossen.

Tab. 3 Mittlere Tagespulsfrequenz der untersuchten Kinder an den fortlaufenden Beobachtungstagen

Altersgruppe	Lfd. Nr. des Kindes	AM der fortlaufenden Tagesperioden (Pulsschläge/min)*)												Gesamtdurchschnitt /min.
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.Tagesperiode	
I	1	143	143	148	153	145	149	149	144					147
Frühgeboren.	2	146	146	150	153	152	151	149	154					150
2-3 Wochen	3	149	153	155	151	159	154	151	151					153
	4	156	157	158	158	157	156	151	162					157
II.	5	148	139	139	142	138	136							140
Frühgeboren.	6	149	146	140	152	143								146
6-10 Wochen	7	136	133	146	137	135								137
	8	136	138	139	131	134								136
	9	121	118	121	119	123	121	125						121
	10	119	130	126	135	135	136							130
	11	122	127	135	133	134	141							132
III.	12	106	118	123	128	130	144							125
	13	103	117	106	114									110
1. Lebens-	14	116	112	116	122	128	125	124						120
woche	15	122	119	124	120	131	135							125
	16	121	124	124	128	123	129							125
	17	130	134	130	126	133	134							131
	18	102	111	117	111	123	125							115
IV.	19	125	123	131	130	133	137	131	138	127	135			131
2.+ 3.Lebens-	20	122	129	125	122	123	121	137						124
woche	21	123	128	131	127	137								129
	22	150	142	139	142	137	142	142	141					142
	23	147	142	137	142	143								142
	24	143	146	136	142	122	133	136	138	134	144			140
V.	25	134	132	141	129	129	127	132	131	135	138	131	131	133
	26	133	138	140	129	137								136
6 - 18.	27	141	126	119	131	135	140	142	142	142	146			136
Lebenswoche	28	136	135	137										136
	29	142	149	144	144	130								141
	30	146	144	147										146
	31	134	125	128	134	133	122	129	129	123	124	139	125	129
VI.	32	128	130	119	122	132								126
	33	133	138	135	128	131	135	137	138	137	134			135
5 - 8	34	130	121	130	124	127	125	123	129	126	132	138	119	127
Monate	35	118	119	120	121	123	119	116	107					118
	36	117	134	125	125									132
	37	133	127	125										128
VII.	38	114	123	103	120	116	117	107	110	109	106			113
	39	124	112	121	121	130	119	123	119	137	136	127	116	124
11 - 21	40	117	123	121	122	117	116							119
Monate	41	114	112	117	120	124	116	108	106	114	110	117		115
	42	106	108	109	111	122	116							112
	43	115	108	112	106	111	111	112	112	109	111	115	127	112
	44	111	115	111	118	119	106	105						112
	45	98	106	101	103									102
	46	80	79	80										80
VIII.	47	76	71	76	72									74
	48	97	91	90										93
4 - 13	49	68	72	71	70									70
Jahre	50	87	93	86										89
	51	97	99	97	98									98

*) AM = arithmetisches Mittel aus den absoluten Pulswerten

cc. Die Pulsfrequenz zur Tages- und Nachtzeit

Um die Gesetzmäßigkeiten des Anstiegs der Pulsfrequenz in der ersten Lebenszeit und den nachfolgenden Rückgang auf ihre statistische Zuverlässigkeit zu prüfen, berechneten wir die mittlere Pulsfrequenz und Streuung x) für die einzelnen Altersgruppen und grenzten den Zufallsbereich mit Hilfe der t-Funktion xx) ab. Um eine Wahrscheinlichkeit von 99,8 % zu gewährleisten, wählten wir als Grenze den dreifachen σ -Bereich. Durch die t-Formel war es uns darüber hinaus auch möglich eine Signifikantsprüfung von Mittelwerten zwischen zahlenmäßig ungleich belegten Gruppen vorzunehmen. Um gleichzeitig auch tageszeitliche Unterschiede innerhalb der einzelnen Altersstufen feststellen zu können, berechneten wir die mittlere Pulsfrequenz und Streuung für die Tagperioden (von 7 - 17 Uhr) und Nachtperioden (von 19 - 5 Uhr) gesondert.

---

x) Die Berechnung der mittleren Pulsfrequenz ($\bar{x}$) und Streuung (σ) erfolgte nach folgenden Formeln:

$$\bar{x} = \frac{(\Sigma\ x)}{n} \quad . \qquad (\Sigma\ x) = \text{Summe aller Einzelwerte } x_1, x_2 \ldots x_n$$

n = Anzahl der x-Werte

$$\sigma = \pm\sqrt{\frac{\Sigma(x - \bar{x})^2}{n - 1}} \qquad \Sigma(x - \bar{x}) = \text{Summe aller Differenzen zwischen den Einzelwerten von x und dem arith. Mittel } \bar{x}.$$

σ -Berechnung nach dem fortlaufenden Summierungsverfahren durchgeführt.

xx) Die Signifikanzprüfung der Mittelwertdifferenzen erfolgte mit Hilfe der t-Funktion, wobei der Zufallsbereich durch die 3σ-Grenze festgelegt ist.

$$t_3 = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_2} + \frac{\sigma_2^2}{n_1}}} \cdot \sqrt{\frac{n - 2}{n}}$$

$\bar{x}_1$ und $\bar{x}_2$ sind die beiden Mittelwerte, σ_1 und σ_2 der zugehörige Streubereich, n_1 und n_2 die Anzahl der jeweiligen Einzelwerte. $n = n_1 + n_2$; $t_3 = 3\sigma + \frac{2}{n}$. Bei einem Freiheitsgrad n = 100 muß t = 3,1 sein, um eine statistisch signifikante Differenz zwischen den beiden Mittelwerten feststellen zu können. Auf Tabelle 4 wurden demnach nur Mittelwertsdifferenzen, die mit der t-Funktion größere Werte al 3,1 ergaben als "signifikant", alle darunterliegenden Werte als "nicht signifikant" bezeichnet.

Tabelle 4. *Mittlere Pulsfrequenz in verschiedenen Altersgruppen bis zum 14. Lebensjahr zur Tages- und Nachtzeit*
Mittelwerte aus Messungen in 2stündigen Intervallen. Signifikanzprüfung durch $t_3\sigma$

	Altersgruppe	Tagperiode (7—17 Uhr)			Differenz der mittl. Tages- u. Nachtpulsfrequ.		Nachtperiode (19—5 Uhr)		
		Zahl der Einzelmessungen	Mittl. Pulsfrequ. Schl./min	Streuung	signifikant	nicht sign.	Zahl der Einzelmessungen	Mittl. Pulsfrequ. Schl./min	Streuung
I	Frühgeborene (2—3 Wochen) 3 Kinder	140	149,25	± 9,88		(0,54)	139	149,79	± 8,70
	Diff. Gr. I u. II		(2,67)					8,13*	
II	Frühgeborene (6—10 Wochen 5 Kinder	166	146,58	± 13,01	4,92*		169	141,66	± 13,35
III	1. Lebenswoche 10 Kinder	344	123,04	± 12,79		(2,29)	332	125,33	± 13,62
	Diff. Gr. III u. IV		4,07*					(2,11)	
IV	2. u. 3. Lebenswoche 3 Kinder	158	127,11	± 11,11		(0,33)	162	127,44	± 11,58
	Diff. Gr. IV u. V		8,88*					(0,75)	
V	6—18 Wochen 10 Kinder	418	135,99	± 13,40	7,80*		431	128,19	± 13,07
	Diff. Gr. V u. VI		3,97*					5,78*	
VI	5—8 Monate 4 Kinder	199	132,02	± 11,08	9,61*		206	122,41	± 14,04
	Diff. Gr. VI u. VII		8,32*					20,36*	
VII	11—21 Monate 9 Kinder	403	123,70	± 12,59	21,65*		411	102,05	± 12,74
	Diff. Gr. VII u. VIII		27,62*					24,05*	
VIII	4—13 Jahre 7 Kinder	136	96,12	± 15,34	18,12*		146	78,00	± 14,64

Werte in (..) bedeuten: Differenz *nicht* signifikant. Werte mit* bedeuten: Differenz signifikant

Aus den in Tabelle 4 festgehaltenen Werten wird offenbar, daß an dem Phänomen des Anstiegs der Pulsfrequenz bis zur 6. Lebenswoche hin und des nachfolgenden Abfalls Tag und Nacht nicht gleichmäßig beteilgt sind. In der Tagperiode lagen die Mittelwerte in den Altersgruppen III = 1. Lebenswoche (123/min.), IV = 2. und 3. Lebenswoche (127/min.), V = 6 - 18 Wochen (136/min.) jeweils signifikant höher als in der vorausgegangenen. Von nun an zeigten die mittleren Pulswerte der folgenden Altersgruppen VI = 5 - 8 Monate (132/min.), VII = 11 - 21 Monate (124/min.) und VIII = 4 - 13 Jahre (96/min.) jeweils einen signifikanten Abfall.

Interessanterweise trat die Tendenz des Ansteigens der Pulsfrequenz bis zur Mitte des ersten Trimenon bei den Mittelwerten der Nachtperiode von 9 bis 5 Uhr nicht auf. Die nächtlichen Pulswerte in der 1. Lebenswoche = Gruppe III (125/min.), in der 2. und 3. Lebenswoche = Gruppe IV (127/min.) und der 6. - 18. Lebenswoche = Gruppe V (128/min.) lagen alle innerhalb des statistischen Fehlerbereiches gleich hoch. Lediglich die Nachtwerte der folgenden Altersgruppe: VI = 5 - 8 Monate (122/min.), VII = 11 - 21 Monate (102/min.) und VIII = 4 - 13 Jahre (78/min.) zeigten wie ihre Tagwerte eine signifikante Verminderung. Im Gegensatz zu den Mittelwerten der Tagperiode, die erst in den letzten beiden Gruppen einen auffälligen Abfall erkennen ließen (124 zu 96), war ein gleichartiger Abfall bei den Nachtwerten schon zwischen den Gruppen VI (5 - 8 Monate) und VII (11 - 21 Monate) zu ersehen. Entsprechend waren auch die Differenzen der Tag- und Nachtwerte in den beiden letzten Gruppen am größten. Der Unterschied der Pulsfrequenz zwischen der Tag- und der Nachtperiode betrug in Gruppe VIII 18 Pulsschläge und in Gruppe VII 22 Pulsschläge. In den jüngeren Altersstufen wurde die Differenz zur ersten Lebenswoche hin jeweils geringer. In der ersten bis dritten Lebenswoche ließ sich sogar kein signifikanter Unterschied zwischen Tag und Nacht mehr errechnen. Demnach war eine Tag - Nachtdifferenz der Pulswerte erstmalig von der sechsten Lebenswoche an nachzuweisen.

Ebenso wie bei den reifgeborenen Kindern war auch bei den Frühgeborenen von der sechsten Lebenswoche an eine signifikante Differenz zwischen den Tag- und Nachtwerten erstmalig sichtbar. Jedoch ließ sich bei den Frühgeborenen ein gleichartiger Anstieg der Tageswerte in den ersten Lebenswochen nicht erkennen. Die Nachtwerte haben sich sogar zwischen Gruppe I (Frühgeborene 2 - 3 Wochen) und Gruppe II (Frühgeborene 6 - 10 Wochen) signifikant vermindert. Daß der Anstieg der Pulsfrequenz zur 6. Lebenswoche hin, welcher in Tab. 3 wenigstens andeutungsweise aus den Einzelwerten

der Frühgeborenen abzulesen war, bei den Frühgeborenen nicht wie bei den Reifgeborenen zutage getreten ist, mag damit zusammenhängen, daß die Werte bei den reifgeborenen Kindern von der 6. bis zur 18. Lebenswoche etwa gleichblieben, während die Pulsfrequenz der Frühgeborenen schon von der 7. Lebenswoche an wieder absank. Trotz dieser früheinsetzenden Verminderung lagen aber auch noch im 2. Trimenon die Pulswerte der Frühgeborenen über den Mittelwerten der reifgeborenen Säuglinge.

Zusammenfassend darf festgestellt werden, daß die mittlere Pulsfrequenz von der Geburt an mindestens bis zur sechsten Lebenswoche in den Tagesstunden anstieg, in den Nachtstunden dagegen gleich blieb. Vom Ende des zweiten Trimenon an ließ sich sowohl am Tage als auch in der Nacht mit fortschreitendem Lebensalter eine Verminderung der Pulsfrequenz beobachten. Diese Verminderung war stärker ausgeprägt während der Nacht. Eine Ausnahme von dieser Gesetzmäßigkeit machten die Frühgeborenen, bei denen Tag- und Nachtverschiebungen im allgemeinen noch nicht ausgeprägt waren.

dd. Die Pulsfrequenz in vergleichbaren Tagesabschnitten

Mit unseren in Tab. 5 festgehaltenen Werten der mittleren Pulsfrequenz in vergleichbaren Tagesabschnitten versuchten wir die Veränderungen der Pulsfrequenz zeitlich noch enger abzugrenzen. Wir stellten hierzu diejenigen Meßwerte zusammen, welche jeweils in den Stunden vor Mitternacht (von 19 bis 23 Uhr) und nach Mitternacht (von 1 bis 5 Uhr) bzw. in den Vormittagsstunden (von 7 bis 11 Uhr) und Nachmittagsstunden (von 13 bis 17 Uhr) erhoben wurden. Die Berechnung der mittleren Pulsfrequenz und Streuung sowie die Signifikanzbestimmung der Mittelwertsdifferenzen erfolgte wie oben angegeben. Hierbei stellte sich heraus, daß der Pulsanstieg von Gruppe III (1. Lebenswoche) zu Gruppe IV (2. und 3. Lebenswoche) nur die Vormittagsstunden (von 7 - 11 Uhr) betraf, während sich zwischen Gruppe IV und V (6 - 18 Wochen) sowohl am Vormittag wie auch am Nachmittag signifikante Mittelwertsdifferenzen errechnen ließen. Die nun einsetzende Verminderung der Tagwerte ergibt zwischen Gruppe V und VI (5 - 8 Monat zunächst wiederum nur am Vormittag signifikante Unterschiede, in den nachfolgenden Altersstufen in beiden Tageshälften zugleich. Die Differenz war besonders groß zwischen Gruppe VII (11 - 21 Monate) und Gruppe VIII (4 - 13 Jahre) in den Nachmittagswerten (33 Pulsschläge). Die Verteilung der mittleren Pulsfrequenzen während der Nacht wies keine Besonderheiten auf.

TABELLE 5

Mittelwerte der Pulsfrequenz in verschiedenen Altersstufen des Kindes zu vergleichbaren Tagesabschnitten

Signifikanzprüfung mittels t-Funktion. Werte mit ^{X} bedeuten: Differenz signifikant
Werte mit ( ) bedeuten: Differenz nicht signifikant.

	1 - 5 Uhr			7 - 11 Uhr			13 - 17 Uhr			19 - 23 Uhr		
Altersgruppe	Zahl d. Einzel-messung.	Mittlere Pulsfreq. Schläge/ min.	Streu-ung σ	Zahl d. Einzel-messung.	Mittlere Pulsfrequ. Schläge/ min.	Streu-ung σ	Zahl d. Einzel-messung.	Mittlere Pulsfreq. Schläge/ min.	Streu-ung σ	Zahl d. Einzel-messung.	Mittlere Pulsfreq. Schläge/ min.	Streu-ung σ
I. Frühgeborene 2 - 3 Wochen 3 Kinder	71	148,44	± 8,44	69	145,68	± 9,67	71	153,73	± 11,14	68	151,10	± 8,94
Diff. zw. Gruppe I u. II		8,82^{X}			(3,03)			(2,75)			6,53^{X}	
II. Frühgeborene 6 - 10 Wochen 5 Kinder	82	139,62	± 13,27	84	142,65	± 11,56	86	150,38	± 13,13	83	144,57	± 14,64
III. 1. Lebenswoche 10 Kinder	168	126,50	± 14,70	167	119,78	± 12,70	177	126,08	± 13,60	164	124,64	± 13,70
Differenz zw. Gruppe II u. IV		(0,61)			5,75^{X}			(2,62)			(3,12)	
IV. 2. + 3. Lebenswoche 3 Kinder	79	127,11	± 12,05	79	125,53	± 8,50	79	128,70	± 11,70	83	127,76	± 11,05
Differenz zw. Gruppe IV u. V		(4,29)			10,97^{X}			6,79^{X}			(2,78)	
V. 6 - 18 Wochen 10 Kinder	216	131,40	± 13,02	207	136,50	± 13,25	211	135,49	± 13,40	215	124,98	± 12,15
Differenz zw. Gruppe V u. VI		5,68^{X}			5,92^{X}			(1,61)			5,74^{X}	
VI. 5 - 8 Monate 4 Kinder	101	125,82	± 14,35	97	130,58	± 10,49	103	133,88	± 10,05	105	119,14	± 12,95
Differenz zw. Gruppe VI u. VII		23,53^{X}			7,29^{X}			8,82^{X}			17,32^{X}	
VII. 11 - 21 Monate 9 Kinder	203	102,29	± 13,00	197	123,29	± 11,10	206	125,06	± 13,75	208	101,82	± 12,50
Differenz zw. Gruppe VII u. VIII		27,86^{X}			21,86^{X}			32,86^{X}			20,14^{X}	
VIII. 4 - 13 Jahre 7 Kinder	74	74,42	± 13,55	67	101,43	± 16,95	69	92,20	± 12,80	72	81,68	± 14,80

is zur sechsten Lebenswoche lag die mittlere Pulsfrequenz für die Nachtab-chnitte vor und nach Mitternacht innerhalb des statistischen Fehlerbereiches leich hoch.

ee. Die Pulsfrequenz zu den einzelnen Tagesstunden

m das Verhalten der Pulsfrequenz während der einzelnen Tages- und Nacht-unden festzustellen, haben wir in Tab. 6 schließlich noch die einzelnen tundenwerte der Altersgruppen III (1. Lebenswoche), V (6 - 18 Wochen) nd VII (11 - 21 Wochen) einander gegenübergestellt. Auf die dazwischen-egenden Altersgruppen verzichteten wir, weil die Anzahl der Meßwerte zu en einzelnen Tagesstunden für eine statistische Urteilsbildung zu klein war. ie Unterschiede der Pulswerte waren in allen Tagesstunden mit Ausnahme er 13 Uhr-Werte jeweils signifikant höher zwischen Gruppe III und V bzw. gnifikant niedriger zwischen Gruppe V und VII. In den Nachtstunden von 9 bis 1 Uhr ließ sich zwischen Gruppe III und V kein signifikanter Unter-chied errechnen, dagegen bestand zwischen Gruppe V und VII zu allen tunden eine signifikante Differenz.

in anderes Phänomen wird deutlich, wenn man in Tab. 6 die Stundenwerte nnerhalb der einzelnen Altersgruppen genauer betrachtet. Bei Gruppe VII 11 bis 21 Monate) liegen sämtliche Mittelwerte der Pulsfrequenz am Tage eit über den Pulszahlen während der Nacht. Schon um 5 Uhr steigt die ulsfrequenz aus den nächtlichen Tiefwerten zum Tag hin an (110/min.), rreicht in den Vormittagsstunden zwei Gipfelwerte (123/min.), zeigt gegen ittag eine Senke (114/min.) und von 15 bis 17 Uhr ihr Maximum (130). Von ieser Zeit an sind wieder absinkende Werte zur Nacht hin zu verzeichnen it dem Tiefpunkt gegen 1 Uhr (98/min.).

ine ähnliche Tendenz scheint sich auch in den Stundenwerten von Gruppe (6 -18 Wochen) anzudeuten, jedoch sind hier die tageszeitlichen Unter-chiede noch nicht so ausgeprägt. Der Anstieg zum Tag hin läßt sich in ieser Altersstufe schon gegen 3 Uhr beobachten (136/min.). Die Gipfel-erte am Tage heben sich nicht so deutlich ab von den Tiefwerten der acht wie bei Gruppe VII. Der Unterschied zwischen Pulsminimum und ulsmaximum beträgt bei Gruppe VII 32 Schläge, bei Gruppe V dagegen ur 17 Schläge.

Tab. 6 Mittelwerte d. Pulsfrequenz in versch. Altersgruppen des 1.u.2.Lebensjahres zu versch.Tages- u.Nachtstd.

Uhrzeit	Gr. III (1. Leb.woche) Mittlere Pulsfrequenz Schläge / min	Streuung σ	Differenz zw. Gr. III und V signifikant	Differenz zw. Gr. III und V nicht signif.	Gr. V (7 - 18 Wochen) Mittlere Pulsfrequenz Schläge / min	Streuung σ	Differenz zw. Gr. V und VII signifikant	Differenz zw. Gr. V und VII nicht signif.	Gr. VII (11-21 Monate) Mittlere Pulsfrequenz Schläge / min	Streuung σ
5⁰⁰	125,20	± 14,40	7,53		132,73	± 13,55	23,18		109,55	± 13,80
7⁰⁰	119,58	± 13,83	17,13		136,71	± 13,80	13,26		123,45	± 8,80
9⁰⁰	119,08	± 13,64	16,65		135,73	± 14,00	15,78		119,95	± 11,45
11⁰⁰	120,72	± 10,88	16,40		137,12	± 12,25	14,47		122,65	± 10,85
13⁰⁰	127,39	± 12,22		3,36	130,75	± 15,10	16,55		114,20	± 12,60
15⁰⁰	120,08	± 10,55	16,51		136,59	± 13,00	6,49		130,10	± 10,30
17⁰⁰	129,69	± 14,74	9,30		138,99	± 10,45	9,59		129,40	± 10,10
19⁰⁰	123,39	± 13,75		2,67	126,06	± 11,35	18,55		107,51	± 12,60
21⁰⁰	123,75	± 12,81		1,52	122,23	± 14,30	23,42		98,81	± 11,60
23⁰⁰	126,68	± 14,41		0,14	126,54	± 9,59	27,75		98,79	± 11,15
1⁰⁰	128,25	± 13,05		2,58	125,67	± 10,15	27,37		98,30	± 12,30
3⁰⁰	126,73	± 14,86	9,31		136,04	± 13,45	26,79		99,25	± 10,35

Signifikantprüfung mittels t-Funktion

Interessanterweise ließ sich bei Gruppe I (1. Lebenswoche) eine Verminderung der Pulswerte während der Nacht nicht feststellen. Wie aus Tab. 2 hervorgeht, fanden sich hier die niedrigsten Werte in den Vormittagsstunden. Die Differenzen gegenüber den Maxima waren jedoch gering. Höhere und niedere Werte liegen ziemlich regellos auf die einzelnen Tages- und Nachtstunden verteilt.

ff. Die Ausbildung der Amplitude der Tageskurve

Um die Entwicklung der tagesrhythmischen Veränderungen der Pulsfrequenz von Altersstufe zu Altersstufe deutlich zu machen, wandten wir ein Verfahren an, welches auch von anderen Autoren zur Darstellung einer Tagesperiodik häufig benutzt wird. Von jedem Tag errechneten wir die mittlere Pulsfrequenz und setzten diesen Wert gleich 100 Prozent. Um dieses Tagesmittel wurden die zu den einzelnen Tagesstunden gefundenen Pulszahlen als prozentuale Schwankungen berechnet. Außerdem errechneten wir die Mittelwerte [1] von allen Tagesstunden. Damit erhielten wir Kurven, welche die inter- und intraindividuellen Schwankungen der Pulsfrequenz weitgehend ausschalteten und gleichzeitig einen Überblick ermöglichten über die tageszeitlichen Veränderungen der Pulsfrequenz während eines längeren Zeitraums.

Auf diese Weise ließen sich über den Tagesverlauf der Pulsfrequenz in den verschiedenen Altersgruppen folgende Gesetzmäßigkeiten erkennen:

In den ersten Lebenswochen verteilten sich die Pulswerte völlig unabhängig von Tag und Nacht unregelmäßig um das Tagesmittel. Dieses zeigen die Kurven der ersten (Abb. 2) sowie der zweiten und dritten Lebenswoche (Abb. 3).

In der Altersgruppe von 6 bis 18 Wochen ergibt sich erstmalig ein verändertes Bild. Im Laufe des Tages deuten sich zwei Gipfen an, und zur Nacht zeigt sich eine Senke. Der einfache Streubereich der relativen Stunden-Pulswerte läßt erkennen, daß diese Verschiebung zu bestimmten Tageszeiten nicht ganz zufällig ist (Abb. 4).

---

1) Die Berechnung der mittleren prozentualen Schwankungen der Pulsfrequenz und ihre Streuung erfolgte nach dem fortlaufenden Summierungsverfahren (s. Fußnote S. 29) aus sämtlichen Stundenwerten von den Kindern einer Altersklasse.

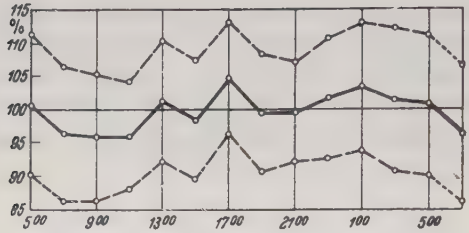


Abb. 2.

III. 1. Lebenswoche
Mittelwerte der Pulsfrequenz aus 60 Tagesperioden von 10 Kindern

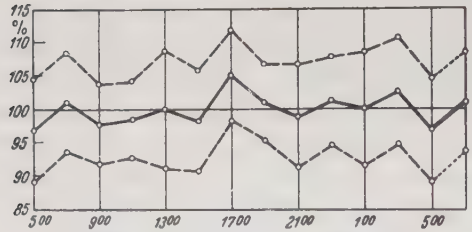


Abb. 3.

IV. 2. und 3. Lebenswoche
Mittelwerte der Pulsfrequenz aus 27 Tagesperioden von 3 Kindern

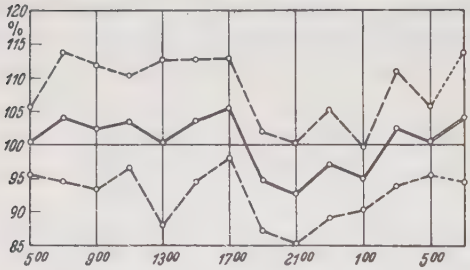


Abb. 4.

V. 6 - 18 Wochen
Mittelwerte der Pulsfrequenz aus 74 Tagesperioden von 10 Kindern

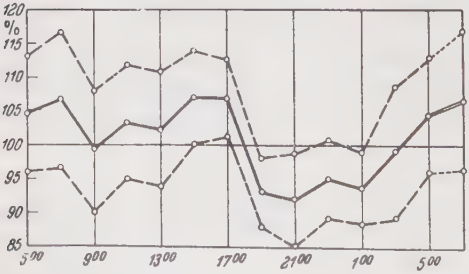


Abb. 5.

VI. 5 - 8 Monate
Mittelwerte der Pulsfrequenz aus 35 Tagesperioden von 4 Kindern

DIE ENTWICKLUNG DER TAGESPERIODIK DER PULSFREQUENZ IM KINDESALTER

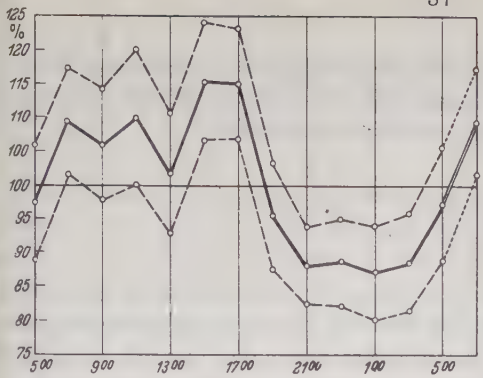


Abb. 6.

VII. 11 - 21 Monate
Mittelwerte der Pulsfrequenz
aus 71 Tagesperioden von
9 Kindern

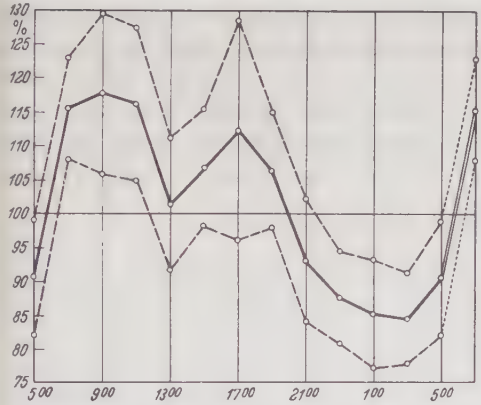


Abb. 7.

VIII. 4 - 13 Jahre
Mittelwerte der Pulsfrequenz
aus 25 Tagesperioden von
7 Kindern

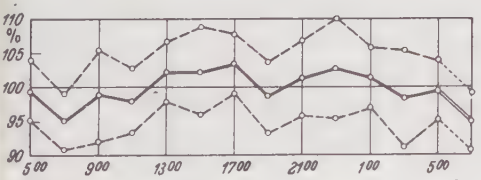


Abb. 8.

I. Frühgeborene 2 - 3 Wochen
Mittelwerte der Pulsfrequenz
aus 24 Tagesperioden von
3 Kindern

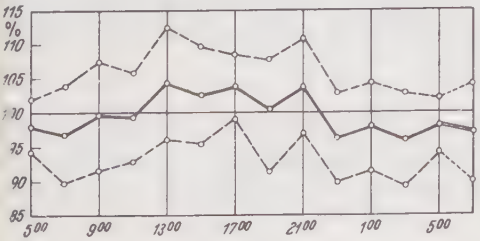


Abb. 9.

II. Frühgeborene 6 - 10 Wochen
Mittelwerte der Pulsfrequenz
aus 29 Tagesperioden von
5 Kindern

Die Tagesgipfel und die Nachtsenke sind in der folgenden Altersgruppe von 5 bis 8 Monaten (Abb. 5) stärker ausgeprägt. Die Amplitude hat sich jedoch mit 15 % Maximalschwankung nur geringgradig vergrößert.

Eine weitere Intensivierung der Gipfel und Senken zeigt die Pulskurve der Kinder von 11 - 21 Monaten (Abb. 6).

Zwischen den Werten am Nachmittag und in den Nachtstunden besteht jetzt ein eklatanter Unterschied. Dieser wird deutlich in der Amplitude, die sich mit Schwankungen von $\pm$ 14,5 % von der Mittellinie abhebt. Die Maximalschwankung hat sich mit 29 % gegenüber den vorausgehenden Kurven der Säuglinge fast verdoppelt. Der einfache Streubereich der Pulswerte liegt bei den Tageswerten eindeutig über der Mittellinie und bei den Nachtwerten unter dem Tagesmittel. Eine Ausnahme davon macht der 13-Uhr-Wert. Hier erreichen die Pulszahlen den Tagesdurchschnitt. Da es sich bei dieser Kurve um das Mittel aus 71 Tagesverläufen handelt, darf festgestellt werden, daß von dieser Altersstufe an eine ausgeprägte Tagesperiodik der Pulsfrequenz zu verzeichnen ist. Diese Tagesrhythmik der Pulsfrequenz zeigt ihren typischen Verlauf in der folgenden Altersgruppe von 4 bis 13 Jahren.

Wie Abb. 7 erkennen läßt, stehen zwei ausgezogene Tagesgipfel einer tiefen Schwankung der Pulsfrequenz zur Nacht hin gegenüber. Der in der Zeit von 7 bis 11 Uhr gelegene Morgengipfel überragt den gegen 17 Uhr vorhandenen Nachmittagsgipfel. Der mittels t-Funktion berechnete Streubereich ist wahrscheinlich infolge der geringen Meßwerte zu groß, um einen signifikanten Unterschied zwischen diesen beiden Gipfel feststellen zu können. Zwischen beiden Werten befindet sich um 13 Uhr eine Senke, in der die Pulsfrequenz ungefähr das Tagesmittel erreicht. Einen ähnlichen Abfall läßt der Nachmittaggipfel um die Zeit zwischen 19 und 20 Uhr erkennen. Von dieser Zeit an kommt es zu einer Nachtsenke mit dem tiefsten Punkt zwischen 1 und 3 Uhr. Von da an sind bereits wieder ansteigende Werte zum Morgen hin zu verzeichnen.

Die Amplitude der Pulsfrequenz hat nunmehr ihr Maximum erreicht. Die Schwankungsbreite zwischen dem höchsten und niedrigsten Mittelwert während des Tages und der Nacht beträgt 35 %.

Eine gesonderte Betrachtung erfordern wiederum die Frühgeborenen. Im Alter bis zu 3 Wochen zeigen sie ebenso wie die Neugeborenen der 2. und 3. Lebenswoche keine tagesrhythmische Gliederung der Pulsfrequenz. Auch bei den

bis zu 10 Wochen alten Frühgeborenen läßt sich höchstens andeutungsweise eine leichte Senke der Pulswerte zur Nacht hin erkennen. Im Verlaufe des Tages heben sich die Pulswerte kaum von dem Tagesmittel ab (Abb. 8 und).

Betrachtet man unsere in den verschiedenen Altersstufen gefundenen Tageskurven im Überblick, so läßt sich aus dem Kurvenbild eine eindeutige Entwicklung der Tagesperiodizität mit zunehmendem Lebensalter ablesen. Während die Pulskurven bei Früh- und Neugeborenen noch keine rhythmische Gliederung zeigen, wird eine Tagesperiodik bei den Säuglingen von der 6. Lebenswoche an erstmalig sichtbar. Sie prägt sich mit fortschreitendem Alter des Kindes durch Intensivierung der Gipfel und Tiefwerte sowie durch die Vergrößerung der Amplitude weiter aus und erreicht bei Kindern im Alter von 4 bis 13 Jahren ihre endgültige Form.

gg. Die Verschiebung der Tageskurve

Noch eine andere Gesetzmäßigkeit, die ebenfalls ein Charakteristikum der Entwicklung der Tagesperiodik zu sein scheint, wird bei Betrachtung der einzelnen Kurven deutlich:

Die Tageskurven der Säuglinge sind gegenüber denen der älteren Kinder nach links verschoben. Diese Verschiebung ist hauptsächlich dadurch bedingt, daß der nächtliche Abfall und der morgendliche Anstieg der Pulsfrequenz bei jüngeren Kindern eher eintreten als im späteren Kindesalter. So erreicht z.B. bei Säuglingen der Abfall der Tageskurve den Tagesmittelwert etwa um 18 Uhr. Im Kleinkindalter wird die Mittellinie gegen 19 Uhr überschritten. Bei den älteren Kindern liegt der 19-Uhr-Wert noch weit über dem Tagesmittel. Der Schnittpunkt zur Nacht hin läßt sich erst gegen 20 Uhr feststellen. Die tiefsten Pulswerte während der Nacht liegen bei Säuglingen etwa um 1 Uhr, bei Kleinkindern um 1 Uhr und bei älteren Kindern zwischen 1 und Uhr. Der morgendliche Anstieg erreicht das Tagesmittel der Pulswerte bei Säuglingen um 3 Uhr, in den nächsten Altersstufen gegen 5 und 6 Uhr.

hh. Die Tageskurven der einzelnen Kinder

Einen näheren Aufschluß darüber, wie sich die aus den Stundenwerten vieler Kinder gemittelten Tageskurven nun im einzelnen zusammensetzen, vermittelt Tab. 7. Auf der Tabelle sind die mittleren prozentualen Schwankungen der Pulsfrequenz (= RM= relative Mittelwerte) zu den verschiedenen Tagesstunden von den einzelnen Kindern und Altersgruppen aufgeführt. Die Kinder sind auf der Tabelle links durch ihre fortlaufenden Nummern gekennzeichnet. Nach den Werten des letzten Kindes einer Altersstufe erscheinen die relativen Mittelwerte der ganzen Gruppe, welche die Grundlage für die Relativkurven (Abb. 2 - 9) darstellen. (Nähere Erläuterung s. Fußnote unten)

Vergleicht man auf Tab. 7 die Werte des einzelnen Kindes mit denen seiner zugehörigen Altersgruppe, so ergeben sich keine wesentliche Unterschiede. Die Einzelwerte der Neugeborenen (Gruppe III und IV) heben sich, wie die dazugehörigen Gruppenmittelwerte, kaum vom Tagesmittel (= 100 %) ab.

Erläuterung zu Tab. 7:

Die in der Tabelle aufgeführten Prozentwerte errechneten sich folgendermaße Von jedem Tag wurde aus den absoluten Stundenwerten der Pulsfrequenz das arithmetische Mittel (AM) bestimmt und dieses = 100 % gesetzt. Um dieses Tagesmittel wurden die zu den einzelnen Tagesstunden gefundenen Pulszahlen als prozentuale Schwankungen berechnet. Darauf bestimmten wir das Mittel aus sämtlichen prozentualen Stundenwerten (RM) an den fortlaufenden Beobachtungstagen für jedes Kind gesondert. Diese Zahlen sind aus der Tabelle abzulesen. Ebenso sind nach dem letzten Kind jeder Altersgruppe die Mittelwerte aus den Stundenwerten aller Kinder angegeben. - Diese Gruppenmittelwerte wurden durch gewöhnliche Addition gefunden. Im Gegensatz dazu errechneten wir die in den Relativkurven (Abb. 2 - 9) dargestellten Gruppenmittelwerte nach dem fortlaufenden Summierungsverfahren, um gleichzeitig den Streubereich bestimmen zu können. Diese doppelte Berechnung gewährleistete eine absolute Sicherung der angegebenen Zahlen, weil die durch das Summierungsverfahren gefundenen Werte sich höchstens nur geringgradig von den durch einfache Addition gewonnenen Mittelwerten unterschieden. Größere Differenzen wiesen auf eine Fehlrechnung hin und wurden nochmals überprüft.

Tab. 7 Mittlere prozentuale Schwankungen der Pulsfrequenz (RM)
zu den einzelnen Tagesstunden um den Tagesmittelwert bei den untersuchten Kindern und Altersgruppen

Altersgruppe	Lfd.Nr. des Kindes	RM zu den einzelnen Tagesstunden (Pulsfrequenz/% vom Tagesmittel)											
		5⁰⁰	7⁰⁰	9⁰⁰	11⁰⁰	13⁰⁰	15⁰⁰	17⁰⁰	19⁰⁰	21⁰⁰	23⁰⁰	1⁰⁰	3 Uhr
I.	1	100	98	97	99	104	103	102	98	102	101	104	95
Frühgeborene	2	97	95	99	97	102	99	104	100	102	105	101	101
2 - 3 Wochen	3	99	95	103	97	102	105	104	99	99	102	98	99
Mittelwerte v.Gr.I:		99	96	99	98	103	102	103	99	101	103	101	98
II.	4	98	96	99	95	105	102	103	101	104	98	102	97
	5	99	100	107	102	103	102	103	107	100	98	95	88
Frühgeborene	6	100	96	97	98	104	103	100	94	110	96	99	101
	7	97	98	98	96	104	105	109	105	105	92	94	97
6 - 10 Wochen	8	96	98	101	107	106	99	100	95	108	94	96	99
Mittelwerte v.Gr.II:		98	97	100	99	104	102	104	101	105	96	98	94
	9	102	100	96	98	98	100	100	98	103	103	104	98
	10	100	96	95	97	103	98	108	196	102	107	103	100
	11	101	98	98	92	98	95	104	99	97	106	104	105
	12	106	98	97	96	104	90	101	99	98	98	104	106
III.	13	104	93	90	99	100	111	100	102	90	104	113	96
1.Lebenswoche	14	95	97	93	99	102	94	107	98	101	102	108	104
	15	100	95	97	97	108	95	107	99	101	104	100	94
	16	95	92	97	98	104	95	106	98	107	99	102	106
	17	99	101	97	96	98	99	111	98	97	104	100	102
	18	102	93	102	92	104	108	101	108	95	93	102	105
Mittelw. v.Gr.III:		101	96	96	96	102	98	104	100	99	102	104	102
IV.	19	93	95	97	98	98	100	103	102	103	105	104	104
2. + 3.	20	100	105	97	98	100	96	107	100	95	100	101	101
Lebenswoche	21	96	107	99	100	102	101	105	103	99	99	91	103
Mittelw. v.Gr. IV:		96	101	98	98	100	98	105	101	99	101	100	103
	22	100	100	105	102	96	102	104	98	98	97	95	105
	23	101	100	103	104	98	99	99	93	103	100	92	103
	24	103	109	106	105	104	108	102	92	93	92	93	101
V.	25	100	108	97	106	99	102	105	98	99	101	95	104
	26	97	120	110	99	111	102	102	89	87	92	91	102
6 - 18	27	99	102	99	98	105	97	107	100	95	97	102	101
Wochen	28	100	93	104	100	114	96	103	89	92	96	102	107
	29	104	104	109	103	99	101	104	89	92	96	97	103
	30	115	103	101	94	105	106	102	94	90	90	90	107
	31	102	103	101	110	93	108	110	93	89	98	98	97
Mittelw. v. Gr. V:		101	104	102	103	101	103	105	95	93	97	96	102
VI.	32	108	109	102	100	102	97	105	89	92	91	93	112
	33	104	103	99	101	98	106	101	97	92	99	96	104
5 - 8	34	103	104	99	104	105	107	108	94	93	95	94	94
Monate	35	101	110	101	105	104	113	111	96	90	90	92	90
Mittelw. v. Gr. VI:		104	106	100	103	103	107	107	95	92	95	94	99
	36	104	100	100	108	104	103	99	94	95	95	89	91
	37	105	104	108	108	101	108	108	87	93	94	96	93
	38	94	110	101	115	102	114	113	95	90	92	86	89
VII.	39	92	109	107	108	103	118	119	94	91	91	86	91
	40	98	107	106	107	99	115	117	97	89	86	85	90
11 - 21	41	93	111	111	108	95	122	121	94	87	86	85	85
Monate	42	96	111	106	124	107	118	118	97	81	85	80	85
	43	101	109	108	104	102	115	112	94	88	88	88	91
	44	104	109	106	110	105	110	113	102	86	86	88	87
Mittelw.v.Gr.VII:		97	109	106	110	102	115	115	95	88	89	86	89
	45	100	116	113	118	95	103	105	103	93	88	91	91
	46	89	106	107	103	107	110	131	111	91	85	80	85
VIII.	47	86	118	119	114	95	103	123	111	92	86	82	81
4 - 13	48	88	122	114	124	104	105	103	106	99	85	83	90
Jahre	49	93	113	130	119	108	109	114	105	85	79	78	82
	50	91	112	117	111	103	119	110	99	97	94	89	82
	51	92	121	118	124	101	102	103	102	96	90	83	86
Mittelw.v.Gr.VIII:		91	116	118	117	101	107	112	105	93	87	84	85

Auch in den nachfolgenden Säuglingsgruppe V (6 - 18 Wochen) und VI (5 - 8 Monate) finden sich selten Zahlen, die über 105 % bzw. unter 95 % liegen. Jedoch läßt sich in den Stunden von 19 -1 Uhr und von 3 - 17 Uhr schon eine Tendenz zur Unter- bzw. Überschreitung des Tagesmittelwerts erkennen. Jenseits des ersten Lebensjahres findet sich in der Zeit von 21 - 3 Uhr kein einziger Wert mehr über und von 7 - 11 Uhr und 15 - 17 Uhr keiner mehr unter 100 %. Nur um 13 Uhr liegen die Werte ambivalent um das Tagesmittel verstreut. Tag- und Nacht-Schwankungen von ± 10 bis 15 % sind jetzt die Regel. Fast überdeutlich wird uns hier die strenge Gesetzmäßigkeit zwischen Alter und Tagesperiodik gezeigt wie sie auch schon in den vorausgehenden Befunden immer wieder zum Vorschein kam.

Ein anderer auffallender Befund scheint aus den Werten der Frühgeborenen hervorzugehen. Während die RM der Frühgeborenen bis zur 6. Lebenswoche sich ganz ähnlich verhalten wie der RM von Gruppe IV, erscheinen uns die Kurven der Frühgeborenen über 6 Wochen etwas verwaschener als die der "gleichaltrigen" [1] reifgeborenen Säuglinge (Gruppe V). Bei den Frühgeborenen Nr. 4, 6 und 7 liegen die Vormittagswerte unter dem Tagesmittel. Ebenso wird die Tendenz zur Verminderung der Nachtwerte bei diesen Frühgeborenen weniger deutlich wie bei den Säuglingen von Gruppe V.

Im Gegensatz zu den anderen Frühgeborenen zeigt Kind Nr. 5 eine wohlgegliederte Verteilung der Werte über und unter dem Tagesmittel zur Tages- und Nachtzeit. Auffallenderweise handelt es sich hier um ein eutrophes Kind, das mit einem Gewicht von 3 300 g im Alter von 7 Wochen schon relativ gut entwickelt war. Alle anderen Frühgeborenen waren dagegen noch stark untergewichtig (s. Tab. 2).

---

1) Bei Gruppe V (6 - 18 Wochen) ist die Altersgrenze wohl etwas weiter gezogen als bei Gruppe II (Frühgeborene 6 - 10 Wochen). Wir fühlen uns trotzdem berechtigt, diese beiden Gruppen als "altersgleich" zu bezeichnen, weil innerhalb von Gruppe V die Mittelwerte von den Kindern der 6. bis 11. Lebenswoche praktisch keine Unterschiede gegenüber den Werten der Kinder der 12. bis 18. Lebenswoche aufwiesen. Aus diesem Grunde haben wir auch darauf verzichtet, die Säuglingsgruppe von 6 bis 18 Wochen nochmals in eine jüngere und ältere Altersstufe zu unterteilen.

ii. Die Häufigkeitsverteilung der Werte über und unter dem Tagesmittel

Um die rhythmischen Veränderungen der Pulsfrequenz im Verlaufe eines Tages auch statistisch zu sichern, prüften wir die Verteilung der einzelnen Stundenpulswerte über und unter dem Tagesmittel. Hierzu benutzten wir das χ^2-verfahren nach PEARSON. Die Berechnung des χ^2 erfolgte nach der Formel:

$$\chi^2 = \sum \frac{(f-fc)^2}{fc}$$

wobei f die beobachtete Häufigkeit, fc den theoretischen Erwartungswert darstellt. Aus den χ^2-Werten errechneten wir jeweils die prozentualen Wahrscheinlichkeiten (p), nachdem der gefundene Unterschied noch als zufallsbedingt erwartet werden kann. Wenn die prozentuale Wahrscheinlichkeit (p) $<$ als 0,1 % ist, so entspricht die gefundene Differenz einem "sehr signifikanten" Unterschied. Bei Werten von p = 0,1-1 % liegt ein "signifikanter" Unterschied vor, während bei Werten von p = 2 - 5 % nur noch ein "wahrscheinlich signifikanter" Unterschied besteht. Werte von p $>$ 5 % schließen einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden empirischen Verteilungen aus. Zur Demonstration seien die bei einem Freiheitsgrad entsprechenden Werte noch einmal untereinandergestellt.

$\chi^2 > 10,827$, $p < 0,1$ % = sehr signifikant

$\chi^2 > 6,635$, $p < 1,0$ % = signifikant

$\chi^2 > 3,841$, $p < 5,0$ % = wahrscheinlich signifika

$\chi^2 < 3,841$, p =10-99 % = nicht signifikant

Damit gibt das χ^2-Verfahren die Möglichkeit auch im nicht signifikanten Bereich noch Abstufungen der Zufallsbedingtheit vorzunehmen. Aber selbst im signifikanten Bereich gehen die im folgenden als terminus technicus angewandten Angaben Grade der Signigikanz wieder. Einzelheiten der Signifikanzberechnungen sind der Tab. 8 zu entnehmen. Sie zeigen, daß die im Vorstehenden beschriebenen Ergebnisse nicht zufallsbedingt sind. Dies läßt sich erkennen, wenn man die Häufigkeitsverteilung der Werte über und unter dem Tagesmittel in vergleichbaren Tagesabschnitten einander gegenüberstellt. Hier wählten wir die Tagesabschnitte aus, in denen die Pulsfrequenz in den verschiedenen Altersgruppen Besonderheiten aufwies.

Wie aus Tab. 8 zu ersehen, läßt sich bis zur sechsten Lebenswoche (Gruppe I - IV) nur bei Gruppe III im Tagesabschnitt 7 bis 11 Uhr eine signifikante Häufung von Werten unter dem Tagesmittel nachweisen. Die Häufung zu den übrigen Tagesabschnitten liegt im statistischen Fehlerbereich. Jenseits der sechsten Lebenswoche sind nur bei den Frühgeborenen (Gruppe II) die χ^2-Werte um 13 Uhr und um 15 bis 17 Uhr "wahrscheinlich signifikant". In den übrigen Altersgruppen liegen aber sämtliche Pulswerte der Nachmittags- und Nachtstunden entweder "sehr signifikant" oder "signifikant" über bzw. unter dem Tagesmittel. In den Vormittagsstunden sind die Häufungen über dem Tagesmittel in Gruppe VIII und VII jeweils "sehr signifikant", in Gruppe VI "wahrscheinlich signifikant". Lediglich die 13-Uhr-Werte lassen keine Signifikanzen in ihrer Verteilung erkennen, sondern liegen ambivalent verstreut um das Tagesmittel.

b. Der Einfluß von äußeren Faktoren auf das tageszeitliche Verhalten des kindlichen Pulses

Man wird sich nun fragen, ob diese gesetzmäßige Entwicklung der tagesrhythmischen Schwankungen der Pulsfrequenz nun zu werten ist als Ausdruck einer "inneren Rhythmik" oder lediglich durch die in der Klinik üblichen Pflegebedingungen hervorgerufen wurde. An Hand unserer Aufzeichnung über die während der Pulsmessung stattgefundenen Pflegemaßnahmen und Lebensbedingungen wollen wir nun abschließend noch versuchen diese Frage einer Klärung näher zu bringen.

aa. Die Entwicklung der Schlaf-Wachperiodik

Als wichtigste Pulsbeeinflussung darf der Schlaf angesehen werden. Nun ist aber die Frage, in welchem Grad die Pulsfrequenz vom Schlaf bestimmt wird, oft nur schwer oder gar nicht zu lösen, weil auch der Schlaf als tagesrhythmische Funktion gewertet werden muß. Aus diesem Grund wollen wir zunächst den Schlaf als selbständig ablaufenden Eigenrhythmus betrachten.

Auf Grund der Aufzeichnungen, ob die Kinder während der Pulsmessung schliefen oder wach waren, konnten wir das Schlaf-Wach-Verhältnis bei den verschiedenen Altersstufen in ähnlicher Wiese prüfen wie den Tagesgang der Pulsfrequenz. Abb. 10A vermittelt die nach unseren Daten berechnete prozentuale

Tab. 8 Häufigkeitsverteilung der Pulswerte über und unter dem Tagesmittelwert in vergleichbaren Tagesabschnitten bei verschiedenen Alterstufen des Kindes *)

Altersgruppe	7-11⁰⁰ Werte über 100	7-11⁰⁰ Werte unter 100	χ^2	P	13⁰⁰ Werte über 100	13⁰⁰ Werte unter 100	χ^2	P	15-17⁰⁰ Werte über 100	15-17⁰⁰ Werte unter 100	χ^2	P	19-3⁰⁰ Werte über 100	19-3⁰⁰ Werte unter 100	χ^2	P
I Frühgeb. (u. 3 Woch.)	24	47	3,73	<10,0%	13	11	0,08	<80%	30	16	2,13	<20,0%	58	61	0,04	<90,0%
II Frühgeb. (6-10 Wo.)	35	48	1,02	<50,0%	22	7	3,88	< 5%	40	16	5,14	< 5,0%	60	85	2,16	<20,0%
III 1. Lebenswoche	60	122	10,56	< 1,0%	34	26	0,53	<50%	64	45	1,66	<20,0%	158	134	0,99	<50,0%
IV 2.-3. Leb.woche	32	46	1,26	<30,0%	10	5	0,50	<50%	30	24	0,33	<70,0%	70	63	0,18	<70,0%
V 6-18 Wochen	129	73	7,76	< 1,0%	41	33	0,43	<70%	106	32	19,84	< 0,1%	105	260	32,91	< 0,1%
VI 5-8 Monate	61	34	4,08	< 5,0%	20	15	0,36	<70%	60	9	18,85	< 0,1%	36	135	28,66	< 0,1%
VII 11-21 Monate	163	32	44,00	< 0,1%	39	30	0,59	<50%	136	3	63,63	< 0,1%	32	314	114,92	< 0,1%
VIII 4-13 Jahre	45	2	19,67	< 0,1%	12	12	0,00	<99%	36	11	6,65	< 1,0%	26	99	21,32	< 0,1%

*) Prüfung der Häufigkeitsverteilung durch χ^2. P = prozentuale Wahrscheinlichkeit der zufälligen Abweichung vom Tagesmittelwert. Erklärung der χ^2-Werte im Text.

Häufigkeit der wachenden und schlafenden Kinder zu den einzelnen Tagesstunden. Auf der Abszisse sind die Tagesstunden, auf der Ordinate das Schlaf-Wach-Verhältnis in % abzulesen. Betrachtet man die Kurven als Gesamtbild, so ergibt sich auch hier ein klarer Entwicklungsgang der Tagesrhythmik mit fortschreitendem Kindesalter.

Bei Gruppe III und IV (1. - 3. Lebenswoche) sind die Zeiten für Schlafen und Wachen noch ungegliedert verteilt über die verschiedenen Tages- und Nachtstunden. Das schraffierte Feld, das den prozentualen Anteil der wachen Kinder wiedergibt, ist nachts sogar noch etwas breiter als am Tage. In der Altersstufe von 6 bis 18 Wochen überwiegt schon der Nachtschlaf. Die tiefe Senke des weißen "Schlaffeldes" hat in diesem Lebensabschnitt schon fast die Abszisse erreicht. Auch das Wachen am Tage nimmt stetig zu. Vom 11. Monat an wird das schraffierte Tagesfeld nur noch um 13 Uhr durch die weiße Senke des Mittagsschlafes unterbrochen. Im Alter von 4 - 13 Jahren hat sich der Nachtschlaf etwas verkürzt - um 21 Uhr waren etwa noch 46 % der Kinder wach -, jedoch senkt sich diesmal die Wachkurve zwischen 23 und 3 Uhr auf die 0 - Abszisse.

Die Kurven der Frühgeborenen zeigen einen unregelmäßigeren Verlauf als die der normalgeborenen Kinder. Besonders auffallend sind die hohen Schlafsäulen bei den Frühgeborenen der 2. und 3. Lebenswoche, während die älteren Frühgeborenen schon eine regelmäßigere Verteilung der Schlaf- und Wachzeiten erkennen lassen.

Unter den Klinik- und Heimbedingungen war natürlich nicht zu vermeiden, daß die Zeiten für Schlafen und Wachen oft mehr Kunstprodukte darstellen als von einem natürlichen Schlafrhythmus gesetzt sind. So ist z.B. die relativ hohe Wachquote um 17 Uhr bei den Säuglingen und Neugeborenen wohl zum größten Teil durch die kurz vor der Pulsmessung gelegene Mahlzeit her-

---

Erläuterung zu Abb. 10A und 10B

Abb. 10A: Entwicklung des Wach-Schlaf-Verhältnisses nach eigenen Untersuchungen. Die schraffierten Säulen stellen den prozentualen Anteil der wachenden Kinder zu den verschiedenen Tages- und Nachtstunden dar, das weiße Feld darüber den Anteil der schlafenden Kinder.

Abb. 10B: Entwicklung des Wach-Schlaf-Verhältnisses nach KLEITMAN und ENGELMANN. Einzelheiten wie bei Abb. 10A. Die prozentuale Häufigkeit der wachenden und schlafenden Kinder wurde hier in der Gesamtzeit von 24 Stunden registriert.

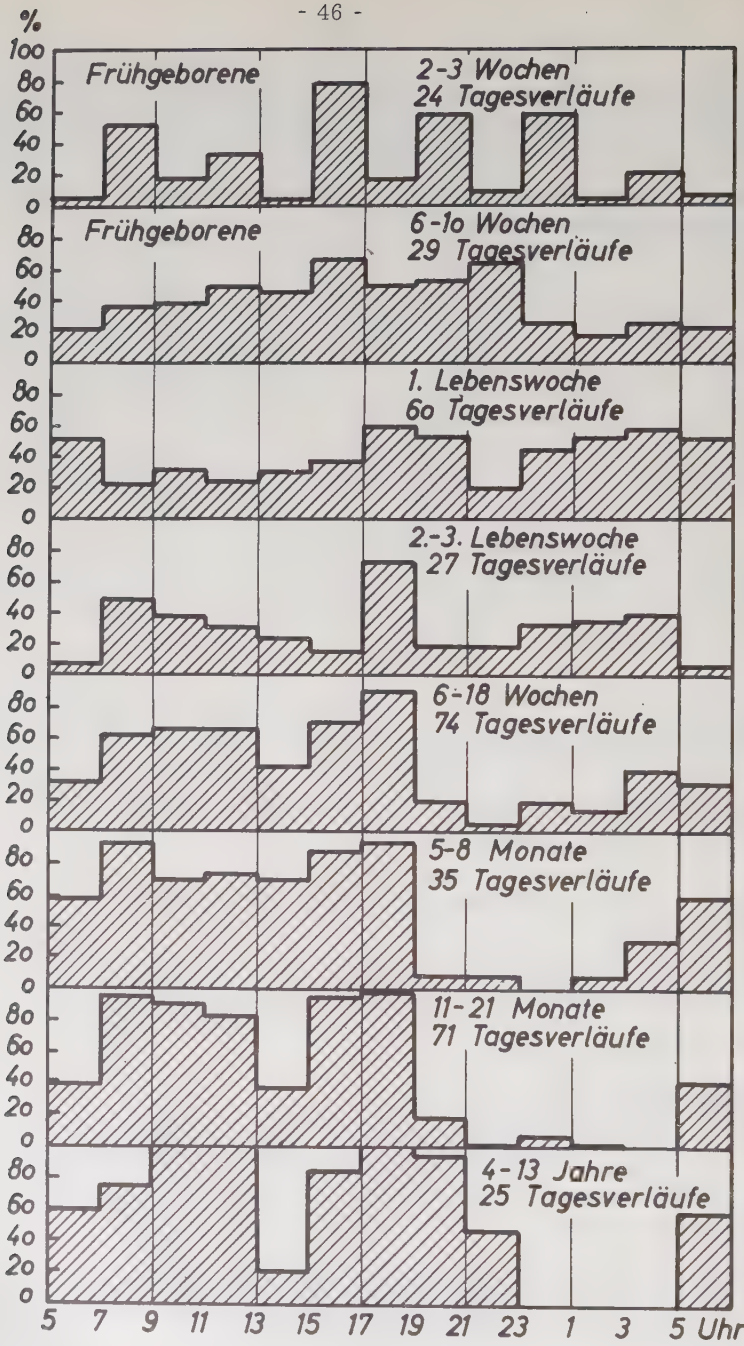
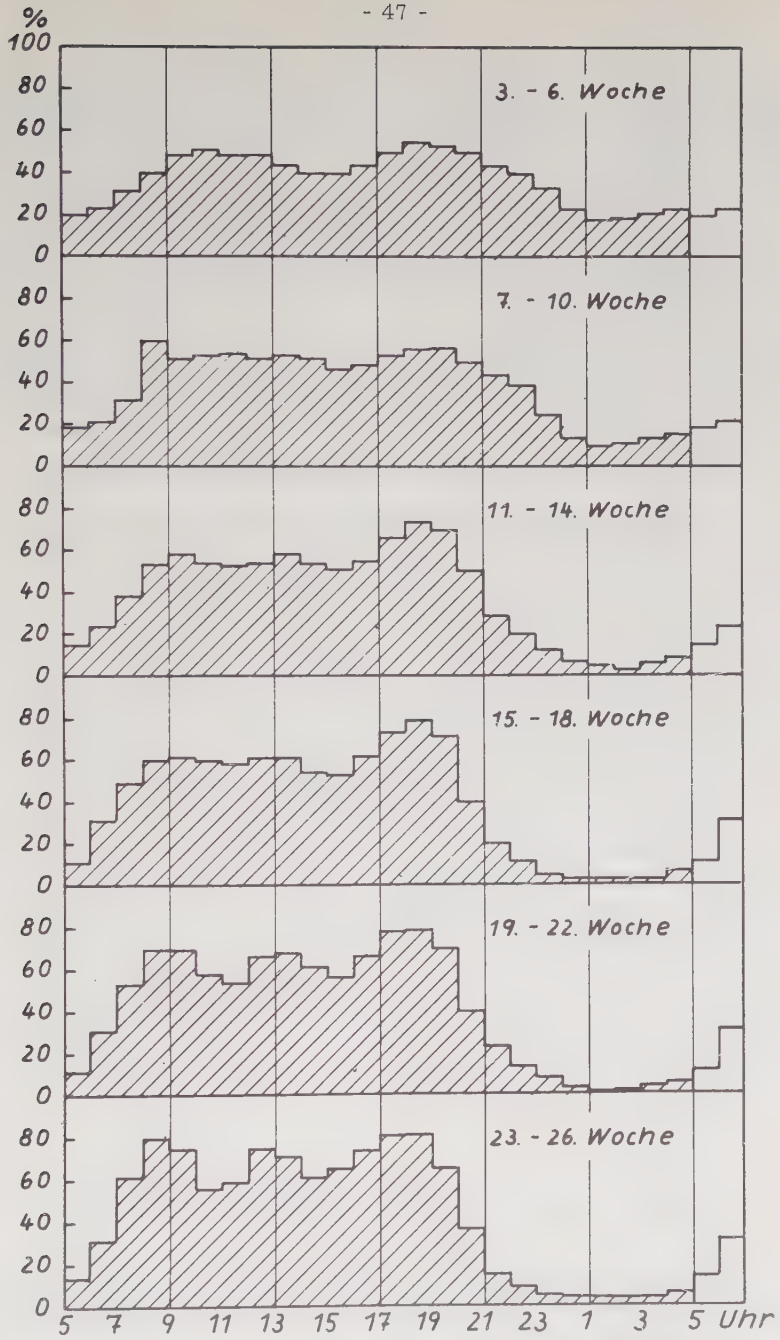


Abb. 10A: Entwicklung des Wach-Schlaf-Verhältnisses im Kindesalter nach eigenen Untersuchungen.


%
100
80
60
40
20
0
3. - 6. Woche
7. - 10. Woche
11. - 14. Woche
15. - 18. Woche
19. - 22. Woche
23. - 26. Woche
5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 1 3 5 Uhr

vorgerufen worden und durch die üblichen vor dem Nachtschlaf stattfindenden Pflegemaßnahmen. Ebenso waren zur Meßzeit um 3 Uhr nachts, welche kurz nach der Fütterung stattfand, etwa 40 % der Säuglinge von Gruppe V (6 - 18 Wochen) wach. Die späte Einschlafzeit der älteren Kinder (Gruppe VIII) mag damit zusammenhängen, daß diese sich noch oft um 9 Uhr unterhielten oder Radio hörten, während die Zimmer der jüngeren Kinder schon um 18 Uhr dunkel waren. Andererseits wird hier aber auch deutlich, daß es eben für ein Schulkind unnatürlich ist, schon um 18 Uhr zu schlafen. Ebenso spricht die eindeutige Entwicklung der Schlafperiodik, welche trotz gleichbleibender äußeren Lebens- und Pflegebedingungen bei den Säuglingen diesseits und jenseits des ersten Lebensmonats fortschritt, dafür, daß dieser Rhythmus nicht nur künstlich hervorgerufen wurde.

In Abb. 10B haben wir die Schlaf-Wachkurven von KLEITMAN, auf die schon oben hingewiesen wurde, unseren eigenen gegenübergestellt. Bei KLEITMAN ist die prozentuale Häufigkeit der schlafenden und wachenden Kinder für die gesamte Zeiteinheit von 24 Stunden wiedergegeben, während ja bei uns nur die zweistündigen Werte aufgezeichnet wurden. Außerdem registrierte KLEITMAN die Werte von mehreren kleineren Altersgruppen innerhalb des 1. Lebensjahrs; dagegen umfaßt unsere Abbildung größere Altersabschnitte vom 1. bis zum 14. Lebensjahr. Trotzdem lassen die beiden Abbildungen bei den entsprechenden Altersgruppen eine gute Übereinstimmung erkennen. Bemerkenswert ist, daß der Nachtschlaf sich schon in der 11. - 14. Lebenswoche befestigt hat, während der Tagschlaf noch je einen Gipfelwert am Vor- und Nachmittag zeigt. In unseren eigenen Kurven (Abb 10A) finden wir schon bei Gruppe V (6 - 18 Wochen) eine Mittagssenke angedeutet, die sich aber bei den Säuglingen von 5 - 8 Monaten wieder verliert, um erst im zweiten Lebensjahr ihre endgültige Ausprägung zu erhalten. Auch hier ist auffallend, daß unter gleichen Ruhebedingungen während der Mittagszeit (im Säuglingsheim wurde zur Mittagszeit sogar abgedunkelt), die Schlafbereitschaft im Kleinkindes- und Schulalter eine viel größere ist als bei den Säuglingen.

bb. Vergleich zwischen Pulsfrequenz und Schlaf-Wachzustand

Um die auffällige Übereinstimmung zwischen Schlaf-Wachverhältnis und Pulsfrequenz zu veranschaulichen, haben wir in Abb. 11 beide Kurven zusammengefügt. Die Pulsfrequenz (ausgezogene Linien) ist entsprechend Abb. 2 9 dargestellt als prozentuale Schwankung der Stundenwerte um das Tages-

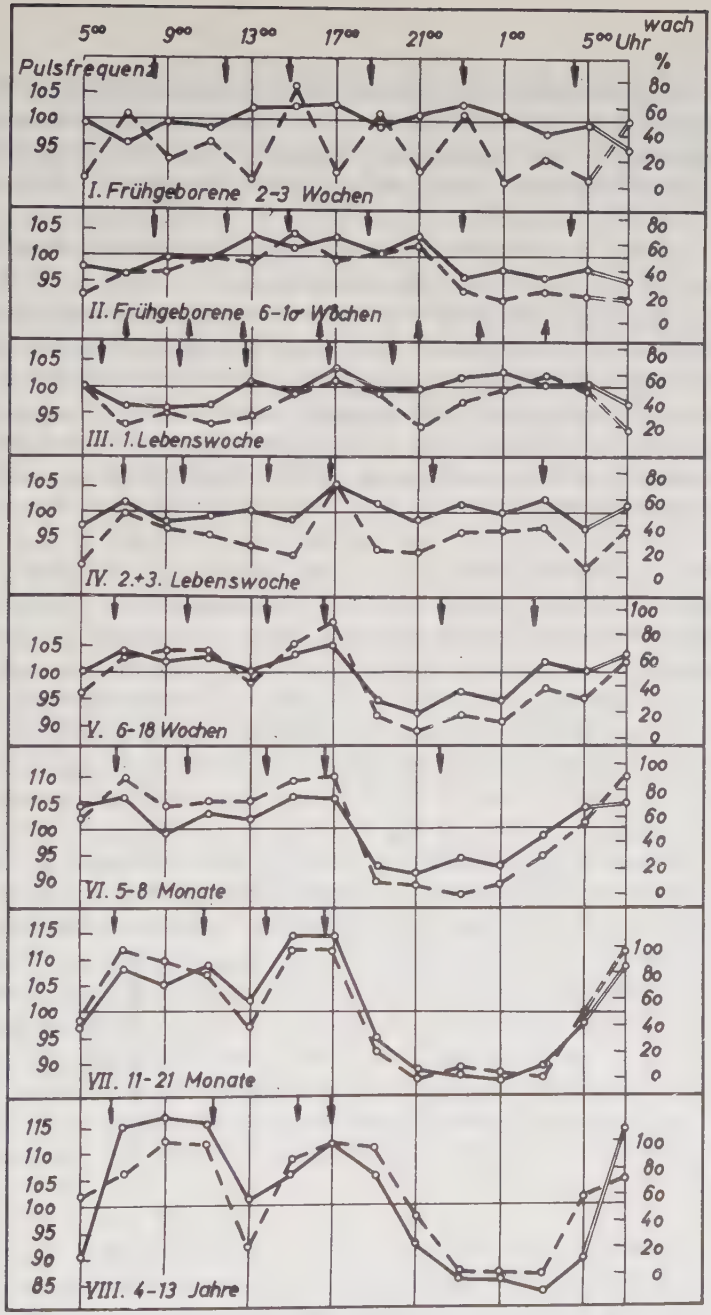


Abb. 11: Prozentuale Schwankungen der Pulsfrequenz (——), Schlaf-Wach-Verhältnis (---) und Mahlzeitenverteilung (↓) in verschiedenen Altersstufen des Kindes

mittel. Die Schlaf-Wachkurven (gestrichelte Linien) sind mit denen in Abb. 10A identisch, nur wurden diesmal die einzelnen Stundenwerte punktförmig aufgetragen. Die Prozentwerte links geben die Schwankungen der Pulsfrequenz an, rechts die Häufigkeit der wachen Kinder.

In den Kurven der Säuglinge und älteren Kinder finden wir ein Parallelgehen von Schlaf und Pulsfrequenz oft bis zur kleinsten Zacke. Beide folgen einander in den Tagesgipfeln und -senken, um dann gemeinsam in die tiefe Nachtschwankung überzugehen. Auch bei den Neugeborenen sind die kleineren Erhebungen der Pulsfrequenz meistens auf die der Schlafkurven abgestimmt. Bei den Frühgeborenen ist dagegen eine Übereinstimmung von Puls und Schlaf nicht zu erkennen. Die Zacken überschneiden sich und ein gleichförmiges Absinken deutet sich höchstens in der Nachtschwankung bei der älteren Frühgeborenengruppe an.

Diese deutliche Parallelität der beiden Funktionen legt die Vermutung nahe, daß die mit der 6. Lebenswoche einsetzende Entwicklung der Tagesperiodik der Pulsfrequenz lediglich durch die allmähliche Verschiebung des Schlaf-Wachverhältnisses hervorgerufen wurde. In dieser Annahme werden wir besonders bestärkt, wenn wir in Abb. 11 die Kurven der Neugeborenen und Säuglinge miteinander vergleichen. Hier ist auffallend, daß die Erhöhung der Pulsfrequenz am Tage und das Absinken zur Nacht hin in derselben Altersstufe erstmalig sichtbar wird, in der auch die Schlaf-Wachkurve zum ersten Mal einen sinusförmigen Verlauf nimmt, wie das bei Gruppe V (6 - 18 Wochen) der Fall ist. Ebenso läßt die scheinbar konformverlaufende Ausprägung der Schlaf- und Pulskurve zum späten Kindesalter hin, zunächst eine Abhängigkeit der einen Funktion von der anderen vermuten. Dem genaueren Beobachter wird jedoch nicht entgehen, daß Schlaf und Pulsfrequenz gar nicht so aufeinander abgestimmt sind, wie man zunächst bei oberflächlicher Betrachtung des Kurvenbildes meinen könnte. So finden wir bei Gruppe III und IV (1. bis 3. Lebenswoche), trotz relativ hoher Schlafquote zu verschiedenen Tagesstunden, die Pulsfrequenz nicht entsprechend vermindert. Die Meßwerte um 21 Uhr z.B., heben sich in den beiden Gruppen bei einem Anteil von jeweils etwa 80 % schlafenden Kindern, kaum vom Tagesmittelwert ab.

Auch nach Ausprägung der Tagesperiodik, verläuft die weitere Entwicklung der Schlaf- und Pulskurven nicht ganz einheitlich. So wird bei näherer Betrachtung von Abb. 11 sogar eine gegensinnige Verschiebung der beiden Kurven deutlich. Bei Gruppe V (6 - 18 Wochen) scheint die gestrichelte Schla

kurve noch zu dominieren, bei Gruppe VIII (11 - 21 Monate) fügen sich schon beide Kurven so ineinander, daß die Gipfel-und Tiefwerte das eine Mal von der ausgezogenen Kurve der Pulsfrequenz, das andere Mal von den gestrichelten Schlaf- und Wachwerten bestimmt werden. Schließlich hat in der letzten Altersgruppe (4 - 13 Jahre) die Pulskurve endgültig die Tagesgipfel und Nachtsenke der Schlafkurve überschritten.

Eine genauere Überprüfung der in Abb. 11 festgehaltenen Prozentwerte läßt erkennen, daß diese Überschneidung der beiden Funktionen auf der einen Seite durch die frühzeitige Festigung des Schlaf-Wachverhaltens, auf der anderen, durch die bis ins späte Kindesalter hinein fortschreitende Ausprägung der Tagesschwankungen der Pulsfrequenz zustandegekommen ist. So finden wir schon bei Gruppe V (6 - 18 Wochen) den prozentualen Anteil der zur Nachtzeit schlafenden Kinder relativ hoch. In den folgenden Altersstufen haben bereits sämtliche Schlafwerte in den Stunden um Mitternacht die 0-Grenze (= 100 % Kinder schlafend) erreicht. Die endgültige Festlegung des Wach-Schlafverhältnisses am Tage erfolgte, wie oben schon erwähnt, etwas später. Aber bereits im 2. Lebensjahr (Gruppe VII) war mit Ausbildung des Vor- und Nachmittagsgipfels auch für die Wachwerte die Entwicklung der Amplitude abgeschlossen. Im Gegensatz dazu war der weiteren Ausprägung der Pulsamplitude keine Grenze gesetzt, sodaß sich schließlich in unseren beiden letzten Altersgruppen die Pulskurve über die Schlafkurve hinausschieben konnte.

Diese unterschiedliche Entwicklung der beiden tagesrhythmischen Funktionen läßt erkennen, daß die Ausprägung der Tagesperiodik der Pulsfrequenz im wesentlichen unabhängig von den Schlaf-Wachverschiebungen verlaufen war. Inwieweit diese Unabhängigkeit auch für die oben beschriebene "Linksverschiebung" der Tageskurve der Pulsfrequenz zutrifft, bedarf noch einer weiteren Überprüfung.

Ein Blick auf Abb. 11 stellt zunächst auch wieder bei dieser neuen Fragestellung die große Übereinstimmung von Puls und Schlaf in den Vordergrund. So können wir in nahezu allen Kurven ein Absinken der Pulsfrequenz zur Nacht hin in denjenigen Stunden beobachten, in denen auch eine deutliche Verminderung des Wachanteils sichtbar wird. Auch der Anstieg der Pulsfrequenz zum Morgen hin und die von Altersstufe zu Altersstufe fortschreitende Verschiebung der Pulskurve in den Tag hinein, weist ein deutliches Parallelgehen mit dem Schlaf-Wachverhalten auf. Ein gleichartiges Konformverlaufen ist dagegen nicht zu erkennen bei dem Wandern der Pulsminima von

21 Uhr im Säuglingsalter nach 3 Uhr im Spiel- und Schulalter. Bei Gruppe V (6 - 18 Wochen) erreicht gleichzeitig mit der niedrigsten Pulsfrequenz um 21 Uhr, auch die Schlafkurve ihren tiefsten Punkt. Aber schon bei Gruppe VI (5 - 8 Monate) finden wir die höchste Schlafquote um 23 Uhr, das Pulsminimum dagegen, wie bei der vorstehenden Altersgruppe, um 21 Uhr. In der Altersstufe von 11 - 21 Monaten bleibt der Anteil der schlafenden Kinder von 21 bis 3 Uhr etwa gleich, während die Pulsfrequenz im Laufe der Nacht weiter absinkt, bis zu einem Tiefwert um 1 Uhr. Bei Gruppe VIII (4 - 13 Jahre) sind die Verhältnisse entsprechend, nur daß hier die niedrigste Pulsfrequenz erst gegen 3 Uhr erreicht wird.

Unsere Befunde ergaben demnach auch für die Verschiebung der Tageskurve der Pulsfrequenz im Laufe des Kindesalters, eine weitgehende Unabhängigkeit vom Schlaf-Wachverhalten. Diese Tatsache schließt nicht aus, daß dem Schlaf ein großer Einfluß auf das Verhalten des Pulses zukommt. Um den Grad der Beeinflussung durch Schlaf und Tageszeit wenigstens an einem Beispiel genauer zu bestimmen, berechneten wir bei Gruppe VII (11 - 21 Monate) die mittlere Pulsfrequenz um 13 und 19 Uhr von schlafenden und wachenden Kindern jeweils gesondert. Für diese Meßwerte waren relativ einheitliche Voraussetzungen gewährleistet, weil sie bei größter Hausruhe erhoben wurden und die Mittags- bzw. Abendmahlzeit jeweils etwa 1 bis 1 1/2 Stunden zurücklag. Die mittlere Pulsfrequenz betrug:

um 13 Uhr	112,6	Schläge/min.	beim Schlafen
	116,8	"	beim Wachen
um 19 Uhr	106,5	"	beim Schlafen
	111,8	"	beim Wachen

Die aufgeführten Zahlen lassen erkennen, daß die Pulsfrequenz bei schlafenden Kindern um durchschnittlich 4 - 5 Schlägen gegenüber den Werten von wachenden Kindern verringert war. Außer dieser Beeinflussung des Pulses vom Schlaf, kommt in den angegebenen Werten auch die Abhängigkeit von der Tageszeit zum Ausdruck: Die korrespondierenden Werte von Wachen und Schlafen waren um 19 Uhr um durchschnittlich 5 - 6 Schläge gegenüber 13 Uhr vermindert.

Zur Veranschaulichung der Unabhängigkeit der Tagesperiodik der Pulsfrequenz vom Schlaf sei abschließend noch eine Beobachtung bei einem 4-jährigen Kind erwähnt, welches meistens sehr unruhig schlief, und eines Nachts bei jeder Messung wach war. Die Pulsfrequenz betrug bei Bettruhe um 17 und

19 Uhr noch 100 Schläge/min., fiel um 21 Uhr bis auf 68 Schläge/min. ab, um gegen Mitternacht trotz Wachens einen Wert von 60/min. zu erreichen. Um 3 Uhr stieg sie wieder an (68/min.) bis auf 76/min. um 5 Uhr und auf 92/min. um 7 Uhr. Im Laufe des Tages variierten die Werte beträchtlich, unterschritten aber niemals die Grenze von 76/min., obwohl sich das Kind ständig im Bett aufhielt.

Zusammenfassend ergaben unsere Untersuchungen über das Verhalten des Pulses beim Schlaf, daß die Pulsfrequenz bei schlafenden Kindern vermindert war. Trotz dieser Beeinflussung erwies sich aber die Entwicklung der Tagesperiodik des Pulses als unabhängig vom Schlaf. Ebenso unabhängig zeigten sich die ausgeprägten Tagesschwankungen der Pulsfrequenz bei Kindern im zweiten Lebensjahr.

cc. Die Pulsfrequenz unter Einwirkung der Mahlzeitenverteilung

Betrachtet man in Abb. 11 die bei den verschiedenen Altersgruppen auf der oberen Abszisse dargestellten Pfeile, welche die Stunden der Mahlzeiten kennzeichnen und vergleicht die darunter verlaufende Pulskurve, so kann man fast regelmäßig beobachten, wie die einzelnen Zacken der Pulskurve sich den Pfeilen entgegenstrecken. Besonders deutlich erscheint dieser Frequenzanstieg auf die Mahlzeiten hin in den Kurven der Neugeborenen (Gruppe III und IV). Ein Ansteigen der Werte ließ sich jedoch nur feststellen, wenn die Mahlzeit der Pulsmessung unmittelbar vorausging. Bei Gruppe III (1. Lebenswoche) zeigt die Pulskurve um 13 und 17 Uhr ihre Gipfelwerte, bei Gruppe IV (2. und 3. Lebenswoche) um 7, 17 und 3 Uhr, also immer, wenn die Pfeile direkt vor diesen Stunden liegen. Dagegen erscheint die Pulsfrequenz relativ niedrig, wenn die Pfeile um eine Stunde oder mehr nach links verschoben sind, d.h. wenn die Mahlzeiten zur Zeit der Messung schon länger zurücklagen. So finden wir bei Gruppe III um 7, 9, 11, 15 und 21 Uhr die Werte unter dem Tagesmittel, bei Gruppe IV um 5, 9, 11 und 15 Uhr, also immer dann, wenn die Kinder schon längere Zeit vorher getrunken hatten. Die Frequenzbeschleunigung schien demnach mehr durch den Akt des Trinkens selber als durch den Verdauungsvorgang hervorgerufen worden zu sein. Anderenfalls müßten, entsprechend der Länge des Verdauungsaktes, auch diejenigen Werte, welche etwa eine Stunde nach dem Füttern bestimmt wurden, gleichfalls höher liegen.

Diese Annahme läßt sich noch durch die eigenen Beobachtungen unterstützen, So fand ich jedesmal, wenn die Säuglinge gerade vom Stillen zurückkamen, die Herzfrequenz hochgradig beschleunigt. Diese schien sich jedoch nicht so rasch wieder zu beruhigen. So konnte ich auch hinterher oft noch relativ hohe Werte ermitteln, wenn die Kinder schon wieder längere Zeit ruhig in ihren Bettchen gelegen waren. Dies schien die Antwort des kleinen Organismus auf die große Anstrengung hin zu sein, welche das Trinken, insbesondere das Saugen und Außer-Bett-Sein für ihn darstellte. Umgekehrt spiegelten sich die Stunden der Ruhe in einer Frequenzverlangsamung wieder. Damit glauben wir nun auch eine Erklärung dafür gefunden zu haben, daß die Verteilung der Pulswerte bei den Kindern der ersten Lebenswoche im Tagesabschnitt von 7 bis 11 Uhr, also zu den Meßstunden, in welcher die Mahlzeit schon länger zurücklag oder erst nachfolgte und damit größte Ruhe gewährleistet war, eine "signifikante" Häufung unter dem Tagesmittel ergeben hatte.

Von nicht geringer Bedeutung schien es insbesondere für die jüngeren Säuglinge zu sein, in welchen zeitlichen Abständen die Nahrung verabreicht wurde. Weil die von uns gemessenen Säuglinge in zwei verschiedenen Kliniken beobachtet wurden, in denen nachts verschiedene Fütterungszeiten bestanden, vermögen wir über den Einfluß der nächtlichen Mahlzeiten auf den Verlauf der Pulsfrequenz einige Aussagen zu machen.

Bei den Säuglingen der Gruppe III (1. Lebenswoche), welche in der I. Universitäts-Frauenklinik untersucht wurden, liegen die nächtlichen Pulswerte relativ hoch. Da die Kinder von 19,30 Uhr bis 5,30 Uhr keinerlei Mahlzeit erhielten, müßte nach unseren obigen Ausführungen erwartet werden, daß der Puls relativ niedrig lag. Eine Erklärung für dieses "gegensinnige Phänomen" bietet sich in dem langdauernden unphysiologischen Nahrungsentzug. Es zeigte sich nämlich, daß sich die jungen Säuglinge, vor allem in den frühen Morgenstunden, besonders unruhig gebärdeten. In manchen Stunden empfing mich in dem Zimmer, in welche die Neugeborenen lagen, geradezu ein "Indianergeheul", so daß die Untersuchung mit größten Schwierigkeiten verbunden war. Die mit dem "Hungergeschrei" verbundene Erregung spiegelte sich naturgemäß auch in der Pulsfrequenz wider.

Daß die Nahrungsaufnahme bzw. Nahrungskarenz einen effektiven Einfluß auf die Pulsfrequenz hat, zeigt insbesondere der Vergleich mit Gruppe IV (2. und 3. Lebenswoche). Hier handelte es sich um Kinder der Universitäts-Kinderpoliklinik, welche in der Nacht zweimal (um 21,30 und 3 Uhr)

egelmäßig gefüttert wurden. Wie aus Abb. 11 zu ersehen, liegen bei diesen Kindern die Pulswerte während der Nacht deutlich niedriger als in der vorhergehenden Gruppe. Bei den Messungen traten auch keine Schwierigkeiten auf, weil diese Kinder - mit Ausnahme der Fütterungszeiten - ruhig schliefen.

Man könnte nun auf den Gedanken kommen, daß die über den Tag und die Nacht verteilten Nahrungsreize in der Neugeborenenperiode und im ersten Trimenon zu einer Verdeckung einer bereits vorhandenen Tagesperiodik geführt hätten. Insbesondere die Ergebnisse von Gruppe IV, welche in der Nacht zweimal gefüttert wurden, stehen einer solchen Annahme gegenüber: Die Meßwerte, die nicht mit den Stunden der Mahlzeiten zusammenfielen und daher als "belastungsfrei" angesehen werden müssen, zeigten keine Verminderung. Bei der nachfolgenden Säuglingsgruppe (Gruppe V = 6 - 18 Wochen) deutet sich dagegen trotz gleichbleibender zweimaliger nächtlicher Fütterung eine Nachtsenke an. Auch die Tagesgipfel liegen etwas höher als bei den jüngeren Säuglingsgruppen. Wohl ist der Einfluß der unmittelbar vorausgegangenen Mahlzeit noch unverkennbar. Jedoch liegen die Gipfelwerte bei Gruppe V schon verhältnismäßig höher als bei der vorausgegangenen Altersstufe. Hier scheint sich eine andere Komponente geltend zu machen, die bei den Kindern der ersten bis dritten Lebenswoche noch nicht in Erscheinung trat. Dieses Wirksamwerden der Tagesperiodik rückt mit zunehmendem Kindesalter immer mehr in den Vordergrund wogegen der Mahlzeiteneinfluß mehr und mehr verwischt wird. So ist schon bei Gruppe VII (11 - 21 Monate) und VIII (4 - 13 Jahre) nicht mehr mit Sicherheit zu sagen, inwieweit die hohen Tagwerte überhaupt noch von der Nahrungsaufnahme bestimmt wurden. Bei Gruppe VII ist der hohe 15-Uhr-Wert und bei Gruppe VIII der hohe 9-Uhr-Wert wohl kaum auf die Mahlzeit zurückzuführen. Auch hier dürfte wohl das Stoffwechselgeschehen kaum eine Rolle spielen, sonst müßte der 13-Uhr-Wert im Anschluß an die Mittagsmahlzeit entsprechend höher liegen.

Bemerkenswerterweise ließ sich bei den Frühgeborenen, wie durch den Schlaf, auch durch die Nahrungsaufnahme keine offensichtliche Beeinflussung feststellen. Dies trifft vor allem für die jüngeren Frühgeborenen zu, während der Puls bei den älteren Frühgeborenen, ähnlich wie bei den reifgeborenen Säuglingen, nach dem Trinken beschleunigt war. Aus unserer Darstellung in Abb. 11 bei Gruppe II läßt sich dieses Phänomen nicht ablesen, weil die unter dieser Gruppe zusammengefaßten Kinder sowohl der Kinderklinik als auch der Frauenklinik entstammen. In den beiden Kliniken lagen die Fütterungszeiten verschieden. (In Abb. 11 sind bei Gruppe II die Mahlzeiten der Frühgeborenen

von der Frauenklinik auf der oberen Abszisse, die von der Kinderklinik auf der unteren Abszisse angegeben). Dieses Ergebnis ließ sich auch nur finden, wenn man die Pulswerte der Kinderklinik und der Frauenklinik gesondert betrachtete. Weil jedoch die Verlaufsform der Tageskurve bei den verschiedenorts untersuchten Frühgeborenen keine ins Gewicht fallenden Unterschiede aufwies, verzichteten wir auf eine getrennte Darstellung und faßten die Pulswerte in einer Mittelwertskurve zusammen.

Daß sich bei den Frühgeborenen im ersten Lebensmonat keine Beeinflussung der Pulsfrequenz durch die Mahlzeit nachweisen ließ, ist auffallend. Die Belastung durch das Trinken war für diese Kinder mindestens ebensogroß wie für die Reifgeborenen, weil die Frühgeborenen fast immer außer Bettes gefüttert wurden und dies nur unter größten Schwierigkeiten vonstatten ging.

Zusammenfassend darf festgestellt werden, daß die Pulsfrequenz bei den von uns untersuchten Säuglingen nach der Mahlzeit beschleunigt war. Die durch die Nahrungsaufnahme bedingte Frequenzsteigerung war jedoch nur bei den reifgeborenen Kindern deutlich ausgeprägt und schien mehr durch den Akt der Mahlzeit als durch das Stoffwechselgeschehen hervorgerufen worden zu sein. Die Tagesperiodik der Pulsfrequenz erwies sich jedoch als unabhängig von dieser Mahlzeitenbeeinflussung. So wurden, trotz gleichbleibender Fütterungszeiten bei den verschiedenaltrigen Säuglingen, im 2. Lebensmonat erstmalig Tagesschwankungen der Pulsfrequenz sichtbar. Diese bildeten sich im Laufe der Säuglingszeit weiter aus, sodaß schon schon vom 2. Lebensjahr an eine Abhängigkeit des Pulses von der Mahlzeit nicht mehr mit Sicherheit nachweisen ließ.

dd. Sonstige Einflüsse auf die Pulsfrequenz

Die eingreifensten Einflüsse auf die Pulsfrequenz bildeten zweifellos Mahlzeit und Schlaf, jedoch kamen auch noch andere Faktoren für eine Pulsänderung in Betracht. So ließ sich z.B. nach dem Spielen häufig eine Pulsbeschleunigung beobachten, auch wenn die Kinder vor der Pulszählung stets einige Minuten stillgesessen waren. Die Hauptspielzeit lag im Säuglingsheim zwischen 15 und 17 Uhr, und die 2-Jahre-alten Kinder durften in diesen Stunden draußen auf dem Balkon schaukeln, ballspielen und karusellfahren. Es ist naheliegend, den hohen Nachmittagsgipfel der Pulsfrequenz bei Gruppe VII (11 - 21 Monate) mit dieser Tatsache in Zusammenhang zu bringen. Jedoch weist

auch der Vormittagsgipfel eine beträchtliche Höhe auf, obwohl sich zu dieser Zeit die Kinder im Bett aufgehalten hatten. Auch hier scheint ein anderer Faktor mitzuspielen, der nicht durch die Lebensweise erklärt werden kann. Jegliche Pflegemaßnahmen konnten sich auf die Pulsfrequenz auswirken, sei es nun, daß das Kind trockengelegt oder gebadet, gebettet oder gefüttert wurde. Nicht immer war jedoch ein Einfluß dieser Faktoren nachzuweisen und mitunter fand man gar keine oder nur geringe Unterschiede gegenüber dem Vorwert. Im allgemeinen war aber die Tendenz vorhanden, auf jede Störung hin mit einer Pulsbeschleunigung zu antworten. Die Möglichkeiten für eine Beeinflussung des Pulses waren so mannigfach, daß man nicht immer mit Sicherheit sagen konnte, welche Faktoren nun im einzelnen in Frage kamen. So konnte z.B. nur eine Störung durch Licht oder Geräusche - ja selbst das Schreien des Kindes im Nachbarbettchen - zu einer Frequenzerhöhung geführt haben.

Nun könnte man auf den Gedanken kommen, daß der im Säuglingsalter gefundene frühe morgendliche Anstieg der Pulsfrequenz lediglich durch die Pflegemaßnahmen zustandegekommen war. Um 3 Uhr morgens wurden die jüngeren Säuglinge nämlich immer gefüttert und trockengelegt. Jedoch lagen auch bei den Säuglingen jenseits des ersten Trimenon die Pulszahlen schon um 3 Uhr relativ hoch, obwohl diese Kinder, wie aus Abb. 11 zu entnehmen ist, nach 22 Uhr nicht mehr gefüttert wurden und erst nach der Pulsmessung trockengelegt wurden. Auch das morgendliche Bad hat den Anstieg der Morgenwerte sicherlich nicht hervorgerufen. Die Säuglinge wurden erst gegen 6 Uhr gebadet und wir hatten ja schon gegen 3 und 5 Uhr ein Ansteigen der Werte gefunden. Wie Einzelbeobachtungen erkennen ließen, schien das Baden überhaupt keinen wesentlichen Einfluß auf die Pulsfrequenz gehabt zu haben. Im Gegensatz zu den übrigen Pflegemaßnahmen fanden wir den Puls nach dem Baden verhältnismäßig ruhig.

Im allgemeinen kann man sagen, daß, je gleichmäßiger der Tagesgang sich abwickelte, desto gleichförmiger und deutlicher die Tagesschwankungen der Pulsfrequenz sichtbar wurden. Desgleichen wurde auch die Verlaufsform der Tageskurve bei ruhigen Kindern regelmäßiger gefunden als bei "nervösen". Ob irgendwelche Unterschiede in der Amplitude der Tageskurve zwischen unruhigen und ausgeglichenen Kindern bestanden, ließ sich nicht mit Sicherheit nachweisen. Im wesentlichen schien für die Höhe der Amplitude das Alter maßgebend zu sein, während die Regelmäßigkeit der Kurve hauptsächlich von der psychischen Konstitution des Kindes bestimmt wurde.

Oft war ein besonders unregelmäßiger Verlauf der Tageskurve, insbesondere ein Nicht-Einsetzen der Nachtsenke der erste Hinweis darauf hin, daß das Kind erhöhte Temperaturen oder gar Fieber hatte, was ich dann nach Messung der Körpertemperatur fast regelmäßig bestätigt fand.

Einmal hatte ich Gelegenheit, bei einem Jungen im Alter von 18 Monaten, der wegen einer Keratomalacie in der Klinik lag, eine eigenartige Verlaufsform der Tageskurve zu beobachten: Nach stündlicher Messung der Pulsfrequenz zeigten sich am ersten Tag reguläre Tagesschwankungen mit einem Maximum von 130 Schlägen/min. zwischen 14 und 15 Uhr und einem Minimum von 108/min. gegen Mitternacht. Schon am nächsten Morgen stiegen die Werte bis auf 140/min. an, erreichten gegen Mittag 165/min., um mit nur geringfügigen Schwankungen über die Nacht hinweg bis zum Mittag des nächsten Tages auf etwa demselben Niveau zu bleiben. Um 15 Uhr fielen die Werte jäh ab (115/min.), senkten sich noch weiter gegen Abend zu, um dann in eine tiefe Nachtschwankung überzugehen mit einem Minimum von 96/min. um 1 Uhr. Während der Puls im Verlaufe des nächsten Tages normal blieb, stieg gegen Abend die Pulsfrequenz wieder an und dasselbe Phänomen wiederholte sich wie am Vortag: Die Nachtsenke blieb aus, ja die Nachtwerte erhoben sich über das Tagesniveau. Erst am 4. Tag setzte wieder etwa gegen 15 Uhr eine Verminderung ein und die nachfolgenden Abend- und Nachtwerte nahmen wieder ihren normalen Gang. Das Kurvenbild dieses Kindes zeigte zwei, sich jeweils über zwei Tage hinstreckende Sinuskurven, während ja normalerweise im Verlaufe von 4 Tagesverläufen auch 4 Sinuskurven zu erwarten gewesen wären. Erstaunlicherweise ließ sich bei dem Jungen eine erhöhte Temperatur auf 37,6 ^{o} erst am Morgen des dritten Tages feststellen.

Ein weiterer Zufallsbefund ergab sich bei der fortlaufenden 2-stündigen Pulsmessung von 9 Kindern im Spiel- und Schulalter, welche jeweils über einen Zeitraum von 4 Tagen und Nächten untersucht wurden: In der Nacht vom 18. zum 19. August waren die Kurven gegenüber den Vortagen verändert: alle wiesen ein deutliches gleichförmiges Absinken der Nachtwerte auf. Dieser plötzliche Abfall der Pulsfrequenz im Verlaufe einer Nacht ließ einen Zusammenhang mit dem Wettergeschehen vermuten. Auf eine Anfrage bei der medizinisch-metereologischen Versuchs- und Beratungsstelle in Bad Tölz wurde uns von dem dortigen Leiter, Dr. UNGEHEUER, mitgeteilt, daß in der Nacht vom 18. zum 19. August ein Wetterumschlag von "Wetterphase 2 = gesteigertes Schönwetter" auf "Wetterphase 4 = aufkommender Wetter-

umschlag" erfolgte. Wetterphase 4 sei nach allen Erfahrungen als biologische Störwetterphase aufzufassen. Außerdem stünde unsere Beobachtung im Einklang mit Ergebnissen von UNGEHEUER, welcher an 5 Versuchspersonen nach einer sich über 5 Monate erstreckenden Untersuchung einen statistisch gesicherten Abfall der Pulsfrequenz bei Wetterphase 4 feststellen konnte.

Unter den von uns gewählten Versuchsbedingungen erwies es sich aber nicht als aussichtsreich, unser Beobachtungsgut auf eine Suche nach gesicherten Korrelationen mit dem Wettergeschehen zu unterziehen. Insbesondere die Werte der Säuglinge zeigten im Verlauf der Tages- und Nachtzeit so viele Unregelmäßigkeiten, daß sie für eine Prüfung auf Abhängigkeit vom Wettergeschehen nicht geeignet waren. Unser Befund vom 18. und 19. August war auch nur möglich gewesen, weil gerade in dieser Woche die älteren Kinder untersucht wurden, deren Kurven weit größere Regelmäßigkeiten aufwiesen als die in der Säuglingsperiode.

3. Besprechung der Ergebnisse

Die Besprechung der im Vorstehenden mitgeteilten Ergebnisse über die Entwicklung der Tagesperiodik der Pulsfrequenz im Kindesalter hat sich in erster Linie mit den in der Literatur niedergelegten Befunden auseinanderzusetzen.

Grundsätzlich konnten auch wir durch unsere Untersuchungen bestätigen, daß die einzelnen Pulswerte zu verschiedenen Tageszeiten und in den verschiedenen kindlichen Altersstufen großen inter- und intraindividuellen Schwankungen unterliegen. Trotzdem gelang es uns, einige Gesetzmäßigkeiten über tageszeitliche Veränderungen der Pulsfrequenz festzustellen, die bisher noch nicht bekannt waren.

Dies mag damit zusammenhängen, daß fortlaufende Pulszählungen über einen längeren Zeitraum bisher nicht durchgeführt worden sind. Gerade die fortlaufenden Messungen am Bett gewährten aber einen objektiven Einblick in den Verlauf der Pulsfrequenz und gaben darüber hinaus eine gute Möglichkeit, die Pulszählung ohne Störung des Kindes zu ermöglichen. Derartige Bedingungen waren zum Beispiel bei Ekg-Aufnahmen, wie sie NADRAI, KIRCHHOFF und andere zur Pulsbestimmung benutzten, weniger gegeben.

In der ersten Lebenswoche ließ sich bei den von uns untersuchten Kindern keine Differenz errechnen zwischen den Mittelwerten der Pulsfrequenz zur Tages- und Nachtzeit.

Parallele Verhältnisse ergaben sich bei den Untersuchungen über den Tagesverlauf anderer rhythmischer Organfunktionen. So ließen sich beim Neugeborenen keine tageszeitlichen Unterschiede nachweisen: in den Gewichtskurven (PUTZIG und VOLLMER), bei dem tageszeitlichen Verhalten des Wasserhaushaltes (HUNGERLAND und EVERKE) und der Plasmaeiweißkonzentration (GRUNDEWALD und ROMINGER).

Im Gegensatz dazu konnten JUNDELL sowie KLEITMAN, TITELBAUM und HOFFMANN eine Differenz wischen den Tages- und Nachttemperaturen beim Neugeborenen feststellen. KLEITMAN und Mitarbeiter sowie MULLIN und GOFFERJE wiesen aber darauf hin, daß regelmäßige tageszeitliche Veränderungen der Temperaturwerte erst jenseits der Neugeborenenperiode beobachtet werden konnten. Dagegen meinte ASCHOFF aus den Werten von JUNDELL schon vom 4. Lebenstag an eine Tagesperiodik der Körpertemperatur ablesen zu können. "In Verbindung mit einigen anderen Hinweisen" spreche diese Tatsache dafür, "daß dem Menschen die endogene Komponente der Tagesperiodik angeboren ist" (ASCHOFF 1956).

KLEITMAN und ENGELMANN fanden ebenfalls bei Neugeborenen schon eine gewisse tageszeitliche Differenz im Schlaf-Wachverhalten. Sie führen aber diesen Tag-Nachtunterschied auf äußere tageszeitliche Reizunterschiede zurück, wie z.B. Temperaturveränderungen, Geräusche und Licht-Dunkelheit etc.. In dem Schlaf-Wachmuster eines einzelnen Kindes fanden KLEITMAN und ENGELMANN aber auch eine Andeutung einer angeborenen Rhythmik. Desgleichen gewahrten ASCHOFF und MEYER-LOHMAN bei Kücken, welche im Brutapparat geschlüpft waren, schon "vom ersten Tage an eine Periodik" des Ruhe-Aktivitätsverhaltens, "die keiner Umweltsperiodik zugeordnet war". PETREN berichtet über eine Tagesperiodik im Leberglykogenhaushalt bei 20-Tage-alten Kückenembryonen.

Unsere Ergebnisse über den Tagesverlauf der Pulsfrequenz bei Neugeborenen gaben dagegen keinen Anhaltspunkt für eine angeborene Periodik. Während der ersten Lebenswoche gebärdeten die Kinder sich in der Nacht, infolge der Nahrungskarenz immer besonders unruhig. Wir mußten infolgedessen annehmen, daß die durch die Erregung hervorgerufene Erhöhung der Pulsfrequenz zur Überdeckung einer etwa vorhandenen Tagesperiodik geführt hatte. Die

Beobachtung von Kindern der zweiten und dritten Lebenswoche, welche im Gegensatz zu den jüngeren Neugeborenen nachts gefüttert wurden und infolgedessen ruhig schliefen, ließ jedoch auch in den Ruhestunden während der Nacht kein Absinken der Pulsfrequenz gegenüber den Tagwerten sichtbar werden. Auch die fortlaufende 2-stündige Pulsmessung am ersten Lebenstag bei einem Mädchen ergab keine tageszeitlichen Differenzen.

Der von uns gefundene Anstieg der Pulsfrequenz im Laufe der ersten Lebenswoche deckt sich im wesentlichen mit den Angaben von NADRAI, HECHT, FURAN und HALLORAN und anderen, nach denen in den ersten Lebenstagen auffallend niedrige Pulswerte im Vergleich zum späteren Säuglingsalter die Regel sind. Damit dürften die Angaben von KIRCHHOFF, der einen fortlaufenden Abfall der Pulswerte von den ersten Lebenstagen an beschrieb, widerlegt sein.

NADRAI fand darüber hinaus, daß die Pulswerte etwa bis zum 21. Lebenstag noch ansteigen.

Der von uns beobachtete weitere Anstieg bis zur sechsten Lebenswoche hin, ist bisher noch nicht beschrieben worden. Dieser ließ sich auch nur zu den Tagesstunden nachweisen, und ohne Berücksichtigung sämtlicher Tages- und Nachtwerte wäre dieses Ergebnis nicht sichtbar geworden.

Ob die relativ niederen Werte in der zweiten und dritten Lebenswoche ebenfalls, wie es für die ersten Lebenstage wahrscheinlich ist, als Folge der Hirndruckerhöhung nach der Geburt (NADRAI) angesehen werden können, scheint nicht so sicher. Wahrscheinlich dürfte dabei eine Rolle spielen, daß der Säugling in diesem Lebensabschnitt noch kaum Notiz von seiner Umwelt nimmt und tagsüber noch relativ viel schläft, was sich naturgemäß auch in seinen Pulswerten widerspiegelt.

Wie KATZENBERGER, v. SCHÖNBECK und andere, fanden auch wir beim Neugeborenen die Pulsfrequenz im Schlaf vermindert. Die allmähliche Verkürzung des Tagschlafs und die Verlängerung des Nachtschlafs im Laufe der ersten Lebenswochen (KLEITMAN und ENGELMANN) geht parallel mit dem von uns beobachteten Anstieg der Pulsfrequenz am Tage und dem Verharren während der Nacht. Diese Festigung des Nachtschlafs dürfte die von uns ab der 6. Lebenswoche festgestellten Tagesschwankungen der Pulsfrequenz, wenn auch nicht hervorgerufen, so doch mitbegünstigt haben.

Weniger schienen für die anfängliche Ausbildung der Amplitude der Tageskurve die Pflegebedingungen maßgebend gewesen zu sein. Wohl hatten diese Faktoren, insbesondere Nahrungsaufnahme, Trockenlegen und Baden einen großen Einfluß auf das Verhalten des Pulses. Alle größeren die Pulsfrequenz beeinflussenden Ereignisse erwiesen sich jedoch eher als störende Momente für die Tagesrhythmik. Je ausgeglichener der Tageslauf des Kindes sich abwickelte, desto deutlicher trat auch die Tagesperiodik zutage. Die Verteilung der Mahlzeiten, das morgendliche Bad und das Wickeln und Reinigen blieben bei unseren Säuglingen und Frühgeborenen vor und nach Ausbildung der Tagesperiodik unverändert. Die Tagesschwankungen entwikkelten sich trotz gleichbleibender Lebensumstände.

Im Gegensatz zu dem Verhalten der reifgeborenen Kinder, ließen unsere Frühgeborenen im Alter von 2 - 3 Wochen einen Einfluß des Schlafes auf die Pulsfrequenz nicht erkennen. Wahrscheinlich hatten der erhöhte Stoffwechselumsatz und die damit verbundene Frequenzbeschleunigung jegliche äußere Einflüsse überlagert.

Übereinstimmend mit NADRAI, HECHT und anderen fanden auch wir bei unseren Frühgeborenen die Pulsfrequenz weit höher als die bei ausgetragenen Säuglingen. Eine tageszeitliche Differenz ließ sich bei den Frühgeborenen wie bei den Neugeborenen von der 6. Lebenswoche an erstmalig errechnen. Sie war bei den Frühgeborenen etwas geringer als bei den normalen Säuglingen.

Die anfängliche Ausbildung der Amplitude der Tageskurve war bei den Frühgeborenen durch eine Verminderung der Nachtwerte zustandegekommen. Ob die allmähliche Verlegung des Schlafes auf die Nachtzeit, wie wir sie durch Registrierung des Schlaf-Wachverhaltens erstmalig auch für Frühgeborene jenseits der 6. Lebenswoche nachweisen konnten, dieses Absinken der Pulsfrequenz während der Nacht begünstigt hatte, soll dahingestellt bleiben.

Die Pulsfrequenz der Frühgeborenen schien in der 6. Lebenswoche einen Kulminationspunkt zu erreichen, um von dieser Zeit an wieder zurückzugehen.

Bei den reifgeborenen Säuglingen fanden wir die höchste Pulsfrequenz in der Altersstufe von 6 bis 18 Wochen. Während dieser Zeit blieben die mittleren Pulswerte bei den einzelnen Kindern über eine gewisse Zeit gleich hoch. Wann nach dieser Zeit beim einzelnen Kind die Pulswerte all-

mählich wieder zurückgingen, ließ sich aus unseren Messungen nicht genau ersehen. Hier mögen individuelle Schwankungen bestehen in dem Sinne, daß das eine Kind die höchsten Werte eher, das andere Kind die höchsten Werte später abbaute; in jedem Fall waren aber am Ende des zweiten Trimenon die Pulswerte wieder erniedrigt. Diese Beobachtungen decken sich mit den Befunden von NADRAI, der bei normalen Säuglingen vom 3. Trimenon an, bei Frühgeborenen schon vom 2. Trimenon an eine deutliche Verminderung der Pulsfrequenz ermittelte.

Im weiteren Verlauf des ersten Lebensjahres verminderten sich die Pulswerte zunächst ganz allmählich. Im zweiten Lebensjahr dagegen fand ein plötzlicher Abfall der Pulswerte statt. Dieser Abfall war besonders ausgeprägt zu den Nachtstunden, ließ sich jedoch auch während des Tages feststellen. Jenseits des zweiten Lebensjahres nahmen die Werte der Pulsfrequenz sowohl am Tage als auch in der Nacht gleichmäßig ab.

Die tageszeitlichen Veränderungen der Pulswerte mit fortschreitendem Lebensalter sind Ausdruck für die Entwicklung der Tagesrhythmik der Pulsfrequenz. Durch die Erhöhung der Tagwerte im ersten Trimenon kommt die anfängliche Ausbildung der Amplitude der Tageskurve zustande. Die weitere Vergrößerung der Amplitude ist in erster Linie bedingt durch die fortschreitende Verminderung der Nachtwerte.

Die Entwicklung der Tagesperiodik von der Säuglingszeit an bis zum Spiel- und Schulalter erwies sich als weitgehend unabhängig von den äußeren Lebensbedingungen. Der Einfluß der Mahlzeit auf die Pulsfrequenz, welcher im Säuglingsalter durch die daraus resultierenden Störungen für das Kind besonders groß war, konnte für das spätere Kindesalter nicht mehr mit Sicherheit nachgewiesen werden. Trotzdem entwickelte sich die Tagesperiodik.

Die Einwirkung durch das Spielen außer Bettes und durch das Herumlaufen schien bei den zweijährigen und älteren Kindern nicht unbeachtlich zu sein, jedoch ließ sich im Kleinkindesalter auch bei Bettruhe ein relativ hoher Vormittagsgipfel ermitteln.

Auch die Entwicklung des Schlaf-Wachrhythmik zeigte sich als nicht maßgebend für die Vergrößerung der Pulsamplitude. Unsere Überprüfung des Schlaf-Wachverhaltens ließ schon im 4. Trimenon die endgültige Festlegung des Nachtschlafes erkennen, während die Ausprägung der Tagesschwankungen

der Pulsfrequenz fortschritt, bis ins späte Kindesalter hinein.

Die vollausgeprägte Tagesperiodik der Pulsfrequenz war ebenso unabhängig vom Schlaf wie der Entwicklungsgang der Amplitude. Durch eine Gegenüberstellung von mittleren Pulswerten, welche bei Kindern im Alter von zwei Jahren jeweils um 13 Uhr und 19 Uhr im Schlaf bzw. beim Wachen erhoben wurden, ließ sich ein gleichartiger Abfall von Schlaf- und Wachwerten feststellen. Dies entspricht auch den Beobachtungen von KLEWITZ, der bei Erwachsenen die Pulsfrequenz während des Tagschlafs höher fand, als beim Schlafen in der Nacht.

Eine auffallende Parallelität besteht zwischen unseren Ergebnissen über das Verhalten der Tagesperiodik der Pulsfrequenz und den Befunden von KLEITMAN, TITELBAUM und HOFFMANN über die Körpertemperaturperiodik. Die Autoren fanden bei den von ihnen untersuchten Kindern im Verlauf des ersten Lebensjahres nur eine geringgradige Zunahme der Differenz von Tages- und Nachtwerten, im zweiten Lebensjahr dagegen eine Verdoppelung. Diese Ausprägung der Amplitude der Tageskurve der Körpertemperatur war, wie bei der Pulsfrequenz, hauptsächlich durch eine Verminderung der Nachtwerte zustandegekommen. Für diesen plötzlichen Abfall der Nachttemperaturen machten die Autoren hauptsächlich das mit dem zweiten Lebensjahr einsetzende Gehenlernen verantwortlich. Die damit verbundene Zunahme der Aktivität führe wiederum zu einer größeren Müdigkeit und vollständigen Muskelerschlaffung. (Nach JOHANNSON sei die Körpertemperatur im wesentlichen durch den Muskeltonus bestimmt).

Der von uns gefundene Amplitudenzuwachs der Pulskurve im zweiten Lebensjahr wurde wohl durch das Gehen und Spielen begünstigt, jedoch von ihnen nicht hervorgerufen. Auf eine Deutung dieses Phänomen wollen wir später zurückkommen.

Die große Regelmäßigkeit der Temperaturänderungen, welche auch KLEITMAN, TITELBAUM und HOFFMANN sowie MULLIN für diese Kindheitsstufe beschrieben, trifft auch für unsere Tageskurven zu. Die Tagesschwankungen der Pulsfrequenz, welche im Säuglingsalter noch große Unregelmäßigkeiten aufwiesen, beschrieben nunmehr eine viel klarere Sinuskurve, die nur zur Tageszeit durch eine Mittagssenke unterbrochen wurde.

Die tagesperiodischen Veränderungen der Pulsfrequenz mit ihren Gipfelwerten am Tage und ihren Tiefpunkten zur Nacht waren bisher noch nicht bekannt. Sie finden aber ihre Stütze in den Untersuchungsergebnissen von SUTHERLAND und Mc MICHAEL sowie HUNGERLAND und ZENS. Erstere Autoren fanden bei einem Vergleich der Nachtwerte von 1 bis 5 Uhr mit den Werten am Tage von 13 bis 17 Uhr eine deutliche Erhöhung am Tage. Letztere Autoren beobachteten eine Verminderung der Pulsfrequenz zur Nacht hin mit den niedrigsten Werten um 2,30 Uhr und einem anschließenden morgendlichen Anstieg.

Ähnlich wie HUNGERLAND und ZENS aus den Nachtwerten, konnten auch wir aus den Werten der mittleren Tagespulsfrequenz bei den einzelnen Kindern innerhalb der Altersstufe von 4 - 13 Jahren keinen weiteren Rückgang der Pulsfrequenz mit zunehmendem Lebensalter feststellen. Jedoch war unser Beobachtungsgut zu klein, um eine endgültige Aussage darüber machen zu können. Außerdem handelt es sich bei unseren Kindern im Alter von 4 - 13 Jahren ausschließlich um Kinder der Universitäts-Kinderpoliklinik, welche sich dort größtenteils zur psychosomatischen Beobachtung aufhielten. Nach den Angaben von SUTHERLAND und Mc MICHAEL und KIRCHHOFF und EICHLER mußte erwartet werden, daß die Differenz zwischen Tag- und Nachtwerten bei vegetativ labilen Kindern besonders groß ist. Wir konnten jedoch aus den Mittelwerten der einzelnen Kinder im Verlauf mehrerer Tagesperioden höchstens in Bezug auf die Regelmäßigkeit der Tageskurve ins Auge springende Unterschiede zwischen ruhigen und ausgeglichenen und "nervösen" Kindern feststellen. Dies ließ sich auch besonders anhand der Werte von den 2-jährigen Kindern beobachten, welche sich aus ausgesprochen ruhigen Kindern zusammensetzten und deren Kurvenamplitude trotzdem sehr ausgeprägt und gleichmäßig groß war. Die Größe der Amplitude schien mehr vom Alter abhängig zu sein als von der psychischen Konstitution der Kinder.

Während HUNGERLAND und ZENS die "interindividuelle Variabilität ebenso groß" fanden "wie die intraindividuelle", ergaben unsere Werte der mittleren Tagespulsfrequenz bei ein und demselben Kind an den fortlaufenden Beobachtungstagen viel geringfügigere Differenzen als die Durchschnittswerte der Kinder untereinander.

Über fortlaufende zweistündige Messungen am Tage liegen bisher nur Ergebnisse von KIRCHHOFF und EICHLER vor. Nach diesen sollen die höchsten Pulswerte mittags bzw. nachmittags erreicht sein. Im Gegensatz hier-

zu fanden wir zwei Tagesgipfel mit einer eindeutigen Mittagssenke zwischen 13 und 15 Uhr und dieser Befund stimmt weitgehend überein mit den Beobachtungen über die Änderungen der Pulsfrequenz bei Erwachsenen, wie sie z.B. von VÖLKER gefunden wurden.

ASCHOFF (1955) wies darauf hin, daß im Kindesalter bei der Tagesperiodik der Körpertemperatur der Doppelgipfel am Tage besonders stark ausgeprägt sei. Eine ähnliche Zweigipflichkeit der Tageskurve fand sich auch nach Untersuchungen über das tageszeitliche Verhalten einzelner Körperfunktionen bei Schulkindern. (RUTENFRANZ, HELLBRÜGGE und NIGGE-SCHMIDT: nach Messung des elektrischen Hautwiderstands, RUTENFRANZ und HELLBRÜGGE: durch Messung der Rechengeschwindigkeit im Verlaufe des Tages, SCHIESSL: durch fortlaufende Kontrollen des Blutzuckerspiegels).

Ob die von uns beobachtete Verminderung der Pulsfrequenz zur Mittagszeit nun lediglich durch den Schlaf bzw. die Mittagsruhe hervorgerufen wurde oder als Ausdruck einer "inneren Rhythmik" zu werten ist, läßt sich infolge der von uns gewählten Versuchsbedingungen nicht feststellen. In diesem Zusammenhang darf aber auf eine in der Kinderklinik täglich zu machende Beobachtung hingewiesen werden, daß die Kinder im "Wackerlalter" ganz selbstverständlich zur Mittagszeit schlafen, obwohl ihnen von keiner Seite der Schlaf zudiktiert wird. Nach ASCHOFF (1956) ist diese "Bigeminität" im Tagesrhythmus als Ausdruck einer angeborenen, endogenen Komponente zu werten.

Die Amplitude der Tageskurve der Pulsfrequenz scheint zum Erwachsenenalter hin wieder abzunehmen. So fanden wir bei unseren Kindern im Alter von 11 - 21 Monaten eine Differenz von 32 Pulsschlägen zwischen den höchsten Pulswerten um 15 Uhr (130/min.) und den niedrigsten um 1 Uhr (98/min.); VÖLKER ermittelte bei Erwachsenen zwischen dem Pulsmaximum und -minimum um 10 Uhr (60/min.) bzw. 5 Uhr (43/min.) einen Unterschied von 17 Pulsschlägen.

Dies entspricht den Verhältnissen bei den Tagesschwankungen der Körpertemperatur, welche bei Erwachsenen eine geringere Tag-Nachtdifferenz aufweisen als bei Kindern (nach JUNDELL). Schon vom 3. Lebensjahr an soll bei der Körpertemperatur die Differenz zwischen den Tag- und Nachtwerten wieder abnehmen (KLEITMAN, TITELBAUM und HOFFMANN sowie JUNDELL).

Bei der Pulsfrequenz fanden wir bei unseren Kindern im Alter von 4 - 13 Jahren gleichfalls etwas niedrigere Tag-Nachtdifferenzen (18 Pulsschläge) als in der Altersgruppe von 11 - 21 Monaten (22 Pulsschläge). Diese Verminderung war aber auch durch die Einbeziehung der Stundenwerte von 19 und 21 Uhr in die Nachtperiode zustandegekommen, welche für die älteren Kinder, die größtenteils erst gegen 22 Uhr einschliefen, naturgemäß verkürzt war. Die Pulsfrequenz lag bei diesen Kindern zu der angegebenen Zeit verhältnismäßig höher als im 2. Lebensjahr, was eine Verringung des tageszeitlichen Unterschiedes nach sich ziehen mußte. Infolgedessen konnten wir trotz dieser scheinbaren Abnahme eine weitere Vergrößerung der Amplitude der Tageskurve bis in Schulalter hinein feststellen.

Als weitere Besonderheit der Tagesrhythmik der Pulsfrequenz bei Kindern gegenüber den Erwachsenen findet sich eine allgemeine Vorverlagerung der Tageskurve. So liegt der Schnittpunkt der Kurve von den Nacht- zu den Tageswerten beim Erwachsenen etwa um 9 Uhr, während bei unseren älteren Kindern das Tagesmittel bereits um 6 Uhr, bei den jungen Säuglingen sogar schon gegen 3 Uhr überschritten wurde. Umgekehrt wird z.B. das Tagesmittel bei unseren Kindern zur Nacht hin schon gegen 20 Uhr wieder erreicht, während bei Erwachsenen das Tagesmittel erst gegen 23 Uhr unterschritten wird (nach Werten von VÖLKER).

Daß im Kindesalter der Anstieg der Pulsfrequenz früher einsetzt als bei Erwachsenen, hatte GRÜTZMANN schon 1831 beschrieben.

Diese Linksverschiebung der tagesrhythmischen Pulskurven ist zum frühen Kindesalter hin besonders deutlich. Sie scheint im Rahmen einer allgemeinen Gesetzmäßigkeit über die Entwicklung tagesrhythmischer Funktionen zu liegen. Eine ähnliche Linksverschiebung fanden JUNDELL, GOFFERJE und KLEITMAN bei der Entwicklung der Tagesperiodik der Körpertemperatur. Ebenso ließen auch unsere Aufzeichnungen über die Entwicklung der Schlaf-Wachverteilung eine Verlagerung der Tageskurve durch Verkürzung des Tagschlafs im späteren Kindesalter erkennen. Eine gleichartige Linksverschiebung fanden RUTENFRANZ, HELLBRÜGGE und NIGGESCHMIDT beim Vergleich der Tagesperiodik des elektrischen Hautwiderstands bei Erwachsenen und 11-jährigen Schulkindern.

Aus unseren Beobachtungen ergeben sich gewisse Konsequenzen. So macht die im zweiten Lebensmonat einsetzende Tagesrhythmik es erforder-

lich, bei Angaben von durchschnittlichen Pulswerten sehr vorsichtig zu sein. Jenseits des zweiten Trimenon weisen die Pulswerte zu den Tag- und Nachtstunden so große Unterschiede auf, daß es nur schwer angängig ist, etwas über eine mittlere Pulsfrequenz in den verschiedenen Altersstufen des Kindes auszusagen ohne dabei auf eine bestimmte Tagesstunde Bezug zu nehmen.

Auch über die allmähliche Festlegung der Tagesperiodik der Pulsfrequenz vermögen wir, trotz des außerordentlich großen Streubereichs, welcher in allen Altersstufen zu finden war, aufgrund der statistischen Auswertung unseres Beobachtungsmaterials einige Aussagen zu machen.

Bis zum Alter von 6 Wochen ließen sich keine statistisch gesicherten Differenzen zwischen den Tages- und Nachtwerten errechnen; ebenso war die Häufigkeitsverteilung der Werte über und unter dem Tagesmittel zu den verschiedenen Tages- und Nachtabschnitten noch zufallsbedingt. Dagegen konnten wir jenseits der 6. Lebenswoche in der Säuglingsperiode erstmalig "wahrscheinlich signifikante" bis "sehr signifikante" Häufungen bestimmen. Auch der Tag-Nachtunterschied der Pulswerte war jetzt signifikant, jedoch im Vergleich zum späteren Kindesalter noch gering. Dies entspricht auch unseren Beobachtungen, daß im Säuglingsalter beim einzelnen Kinde die Tagesschwankungen noch relativ leicht von äußeren Faktoren überlagert werden. Demgegenüber fanden wir zu Beginn des zweiten Lebensjahres bei allen Kindern eine weit regelmäßigere und weniger beeinflußbare Verlaufsform der Tageskurve, was wiederum seinen Ausdruck in einer ausgeprägten, signifikanten Zunahme der Tag-Nachtdifferenz fand. Auch die Häufigkeitsverteilung zu den einzelnen Tages- und Nachtabschnitten erwies sich jetzt als jeweils "sehr signifikant".

Diese altersgebundene Gesetzmäßigkeit in der Entwicklung der Tagesperiodik ließ weiterhin erkennen, daß die Mittelwertskurve aus den Werten von nur wenigen gesunden Kindern derselben Altersstufe genügt, um eine gültige Aussage über das Verhalten der Tagesperiodik ihrer zugehörigen Altersklasse zu machen. Unsere Mittelwertskurven, welche aus mehreren Tagesverläufen von nur 3 - 4 Kindern gewonnen wurden, fügten sich ebenso gut in das Entwicklungsschema, wie die Kurven aus 60 - 74 Tagesverläufen von je 10 Kindern. Dies entspricht auch den Angaben von GRAF, nach denen die sorgfältige mehrfache Beobachtung einer relativ kleinen Anzahl Versuchspersonen bei der Beurteilung ähnlicher Fragen statistisch zweckmäßiger ist als die einmalige Untersuchung eines großen Beobachtungsgutes.

Eine besondere Besprechung verdienen schließlich noch unsere Beobachtungen der Pulsfrequenz bei Frühgeborenen, insbesondere der Vergleich der Pulswerte im Verlaufe des Tages bei gleichaltrigen zu früh und rechtzeitig geborenen Säuglingen, denn sie vermögen einen Beitrag zur Aufklärung der Frage nach dem Zustandekommen einer Tagesrhythmik beim Menschen zu leisten.

Auf Grund zahlreicher Untersuchungen über die Einwirkung äußerer Faktoren auf die tagesperiodischen Schwankungen rhythmischer Funktionen darf als gesichert gelten, daß die zu verschiedenen Tageszeiten wechselnde Lebensweise keinen wesentlichen Einfluß auf die Tagesrhythmik ausübt. Somit bleibt nach de RUDDER nur "die Alternative zweier Möglichkeiten: entweder handelt es sich bei der Tagesrhythmik um einfachen Ausdruck innerer Rhythmen von Organen oder Organsystemen, die, wenn auch vielleicht modifiziert bar durch äußere Einflüsse, im Grunde automatisch ablaufen oder es handelt sich um äußerlich induzierte Rhythmen, deren auslösende Faktoren in der Umwelt des Menschen noch ermittelt werden müssen."

Unsere Ergebnisse gestatten nun folgende Überlegungen: bei der Geburt ließ sich weder bei unseren zu früh noch den rechtzeitig geborenen Kindern eine Tagesrhythmik des Pulses feststellen. Diese trat erstmalig im zweiten Lebensmonat zu Tage. Das gleichzeitige Einsetzen der Tagesperiodik bei gleichaltrigen reifen Kindern und Mangelgeburten macht es wahrscheinlich, daß exogene Faktoren als induzierendes Einflußsystem für das Entstehen der Tagesrhythmik dominieren.

Die exogenen Einflüsse können allerdings nicht allein die Tagesperiodik der Pulsfrequenz hervorgerufen haben, sonst müßten sich die Tageskurven unserer gleichaltrigen Neu- und Frühgeborenen etwa entsprechen. Dieses war jedoch nicht der Fall. Die Kurven der Frühgeborenen waren weniger ausgeprägt und unterschieden sich von denen der normal geborenen Säuglinge in der Ausbildung der Amplitude besonders zur Nacht hin. Demnach müssen an der Ausbildung der Tagesrhythmik auch endogene Reifungsvorgänge beteiligt sein.

Gegen diesen Gedanken könnte man nun einwenden, daß die Frühgeborenen nivellierter bezüglich Temperatur und Verteilung der Mahlzeiten über den Tag hin gepflegt wurden, als die ausgetragenen Säuglinge. Hierzu sei bemerkt, daß die gleichzeitige Registrierung der äußeren Lebens- und Pflegeumstände in beiden Gruppen keine ins Gewicht fallenden Unterschiede erkennen ließ. Auch wählten wir nur Frühgeborene aus, die nicht auf die Pflege in Wärmebetten angewiesen waren.

Daß exogene und endogene Reifungsvorgänge an der anfänglichen Ausbildung der Tagesrhythmik mitwirken, erkennt man insbesondere daran, daß die ersten tagesrhythmischen Veränderungen zu einem Zeitpunkt auftraten, an dem nach alter pädiatrischen Erfahrung die entscheidenden Sinnesorgane ihre volle Perzeptionsfähigkeit erlangen, also etwa im zweiten Lebensmonat. Möglicherweise kommt hier nach den Untersuchungen von HOLLWICH, BIRKMAYER und WINKLER vor allem der optischen Sphäre ein großer Einfluß zu.

Welche tageszeitlichen Reizunterschiede nun im einzelnen als auslösende Zeitgeber (ASCHOFF) für die Einstellung des Reglersystems bestimmend sind, ob sie hauptsächlich ökologischer - wie Pflege, Nahrungsaufnahme und Geräusche - oder metereologischer Art - wie Licht, Feuchtigkeit und Temperatur usw. - sind (ASCHOFF 1954 und 1956, KLEITMAN 1952 und 1953), mag dahingestellt sein. In der ersten Lebenszeit dürften diese Faktoren indessen einen so großen Einfluß auf die Organfunktionen ausüben, daß sie als entscheidende Gestaltungsfaktoren für die Entstehung eines Tagesrhythmus angesehen werden müssen. Daß diese Faktoren, insbesondere die Lebens- und Pflegeumstände, später nicht mehr in einem solchen Ausmaß synchronisierend für die Aufrechterhaltung einer Tagesperiodik wirken, erscheint durch zahlreiche Untersuchungen über die Unabhängigkeit der Tagesrhythmik von äußeren Bedingungen (JORES, MENZEL, VÖLKER, DE RUDDER und PETERSEN u.a.) als ziemlich sicher. Auch die Tatsache der Ortsgebundenheit der Tagesrhythmik schließt eine endogene Komponente nicht aus.

Die plötzliche Zunahme der Amplitude im zweiten Lebensjahr und die volle Ausprägung der Tagesperiodik in dieser Kindheitsstufe gibt letztlich noch eine Erklärung dafür, wie diese endogenen Reifungsvorgänge zu verstehen sind. Die späte Festlegung der Tageskurve weist darauf hin, daß das Heranreifen der tagesrhythmischen Funktionen nicht eine alleinige Bahnung von Reflexen ist. Sie erfolgt zu einer Zeit, wo das Kind gehen und sprechen lernt und das Großhirn die endgültige Steuerung der subcorticalen Zentren übernommen hat. Die Wesentlichkeit des Großhirns für die Aufrechterhaltung einer Tagesrhythmik haben schon manche Untersucher erkannt (W.R. HESS, GAMPER, KLEITMAN und CAMILLE, KLEITMAN, TITELBAUM und HOFFMANN u.a.). Jedoch werden heute zur Klärung der Frage über die Entstehung der Tagesrhythmik beim Menschen und ihre Gebundenheit an äußere Faktoren weitgehend die Verhältnisse der leicht veränderlichen

Periodik beim Tiere zugrundegelegt. Demgegenüber dürfte es eine noch unerschöpfte Aufgabe sein, die Tagesperiodik des Menschen in ihrer Funktionsabhängigkeit von der Reife des Großhirns zu erforschen und von diesem Standpunkt aus Vergleiche zu ziehen zum Tierreich.

Über diese Entwicklungszusammenhänge hatte GOFFERJÉ, als einer der ersten Untersucher der Entwicklung einer Tagesperiodik, sich schon 1908 Gedanken gemacht. So deutete er seine Beobachtungen über die im vierten Lebensmonat erstmalig auftretende "reguläre Wellenbildung" der Körpertemperaturkurve in folgender trefflichen Weise:

"Die Beobachtungen über den Beginn lebhafterer Geistestätigkeit stimmen mit dieser Zeit gut überein. In der 3. - 4. Woche fängt der Säugling an, viertelstundenweise wach zu liegen, in der 3. - 6. Lebenswoche beginnt er Gegenstände und Personen zu fixieren, und in der 4. Woche wird gewöhnlich auch das erste Lächeln beobachtet. Auch die Entwicklung der peripheren Nerven geht jetzt den letzten großen Schritt vorwärts, indem von der 3. Woche ab eine sehr lebhafte Markumhüllung der vorher marklosen oder noch nur schwach bekleideten Achsenzylinder stattfindet. Von da an vertieft sich die Tagesschwankung von Woche zu Woche. Aus der sanften Wellenlinie wird dabei eine scharf konturierte Kurve mit 2 getrennten Plateaus."

ZUSAMMENFASSUNG

Vorliegende Arbeit über die Entwicklung einer Tagesperiodik verschiedener Körperfunktionen vermittelt zunächst einen Einblick über die in der Literatur niedergelegten Erfahrungen über die Entwicklung der Tagesperiodik der Körpertemperatur und der Schlaf-Wachrhythmik.

Der Hauptteil befaßt sich mit der Entwicklung der Tagesperiodik der Pulsfrequenz dargestellt anhand des Schrifttums und eigener Untersuchungen.

An 51 Kindern wurden in insgesamt 345 Tagesverläufen in zweistündigen Intervallen 3987 Pulszählungen durchgeführt. Die Messung erfolgte durch Auskultation des Herzens mit dem Schlauchstethoskop. Sie erstreckte sich auf Frühgeborene, Neugeborene, Säuglinge, Kleinkinder und Schulkinder.

Hierbei wurde festgestellt, daß die Pulsfrequenz von der Geburt an bis zur sechsten Woche hin ansteigt und vom Ende des zweiten Trimenon allmählich wieder abfällt. Erste tagesrhythmische Veränderungen ließen sich erstmalig erkennen im zweiten Lebensmonat und zwar bei reifgeborenen Kindern deutlicher als bei Frühgeborenen. Von dieser Zeit an wurde die Tagesperiodik der Pulsfrequenz fortlaufend stärker ausgeprägt. Es kam zu einer tiefen Nachtsenke und zu höheren Tagwerten. Im Kleinkindesalter trat während der Tagesstunden zusätzlich eine Mittagssenke zwischen 13 und 15 Uhr auf, sodaß im Schulalter die Tagesperiodik der Pulsfrequenz in den Vormittagsstunden zwischen 7 und 10 Uhr und in den Nachmittagsstunden gegen 17 Uhr jeweils einen Maximalwert aufwies.

Gleichzeitig mit den Pulsmessungen wurden die verschiedenen Lebens- und Pflegebedingungen geprüft. Die Entwicklung der Tagesperiodik der Pulsfrequenz zeigte sich unabhängig von diesen Einflüssen. Während die endgültige Verlegung des Schlafes auf die Nachtzeit schon gegen Ende des ersten Trimenon abgeschlossen war, schritt die Vergrößerung der Amplitude der Tageskurve der Pulsfrequenz fort bis zum Kleinkindes- und Schulalter.

Ein Einfluß des Schlafes auf die Pulsfrequenz konnte bei den Frühgeborenen nicht festgestellt werden. Jenseits der sechsten Lebenswoche verkürzte sich bei den Frühgeborenen der Tagschlaf zugunsten des Nachtschlafs.

Die Pulsbeschleunigung nach der Nahrungsaufnahme schien im Säuglingsalter hauptsächlich durch die Störung infolge der Mahlzeit hervorgerufen zu sein.

Die Entwicklung der Tagesrhythmik verschiedener Organfunktionen ließ parallele Gesetzmäßigkeiten erkennen:
Die Vergrößerung der Amplitude der Tageskurve erfolgte bei der Pulsfrequenz und der Körpertemperatur im ersten Lebensjahr nur allmählich, im zweiten Lebensjahr war sie auf das Doppelte angewachsen. Diese Ausprägung war hauptsächlich durch eine Verminderung der Nachtwerte zustandegekommen.
Mit Zunahme des Lebensalters wurden die Tageskurven der Pulsfrequenz der Körpertemperatur und der Schlaf-Wachverteilung nach rechts verschoben.
Der Anstieg aus den Minima der Nacht erfolgte bei Säuglingen und Kleinkindern zu einem früheren Zeitpunkt als bei Schulkindern und Erwachsenen.

LITERATURVERZEICHNIS

ASCHOFF J.:	Naturwiss. 41, 49 (1954)
ASCHOFF J.:	Klin. Wschr. 33, 545 (1955)
ASCHOFF J.:	Naturwiss. 42, 569 (1956)
ASCHOFF J. und J. MEYER-LOHMANN:	Pflügers Arch. Physiol. 260, 170 (1954)
BALARD:	zitiert nach NADRAI
BENEDIKT F.G. und J.F. SNELL:	Pflügers Arch. Physiol. 90, 33 (1902)
BIRKMAYER W. und W. WINKLER:	Klinik und Therapie der vegetativen Funktionsstörungen, Wien 1951
BLECKMANN K.H.:	Der Schlaf des Kindes. Göttingen: Verlag Med. Psychol. (1955)
BOSCH O.:	Zschr. Kinderhk. 49, 361 (1930)
BROCK J.:	Biologische Daten für den Kinderarzt, Heidelberg: Springer 1954
BRODMANN K.:	J. Psychol. u. Neurol. 1, 10 (1902)
COLOMBO C.:	Arch. ital. Bio. 31, 345 (1899)
CZERNY A.:	Jb. Kinderhk. 33, 1 (1892)
CZERNY A.:	Jb. Kinderhk. 41, 337 (1896)
DOXIADES:	zitiert nach NADRAI
FANCONI WALLGREN:	Basel: Benno Schwabe 1952
FURAN A. und W.R. HALLORAN:	J. Pediatr., S. Louis 39, 307 (1951)
GAMPER E.:	Zschr. Neurol., Berlin 102, 154 (1926) und 104, 48 (1926)

GEBELEIN H. und H. J. HEITE: Statistische Urteilsbildung Heidelberg: Springer 1951

GERHARD: Lehrbuch der Kinderkrankheiten, Tübingen 1899

GESELL A.: Säugling und Kleinkind in der Kultur der Gegenwart, Bad Nauheim 1952 nach: Infant and Child, New York 1943

GESELL A. und C. S. AMATRUDA: Developmental Diagnosis. New York 1947

GIERSE A.: zitiert nach ASCHOFF 1955

GOFFERJÉ F.: Jb. Kinderhk. 68, 129 (1908)

GRAF O.: Zschr. Arbeitsphysiol. 2, 474 (1930)

GROLLMANN A.: Amer. J. Physiol. 95, 274 (1930)

GRUETZMANN G. F.: De pulsuum in hominibus sanis secundum varias dies partes variis mutationibus. Diss. Halle 1831

GUENTHER H.: Zschr. Kreisl. forschung 34, 605 (1942)

GRUNEWALD E. und E. ROMINGER: Zschr. Kinderhk. 33 (1922)

HALLER: zitiert nach GRÜTZMANN

HECHT A.: Erg. inn. Med. 11, 324 (1913)

HELLBRÜGGE Th. und RUTENFRANZ J.: Münchner Med. Wschr. 98, 1713 (1956)

HELLBRÜGGE Th., J. LANGE und RUTENFRANZ J.: Zschr. Kinderhk. 78, 707 (1956)

HENOCH E.: Lehrbuch der Kinderkrankheiten. Berlin 1892

HESS W. R.: Helvet. physiol. acta Suppl. IV 1947 und Supp. VI 1950

HOLLWICH F.: Auge und Zwischenhirn. Beih. klin. Mbl. Augenhk. Heft 23. Stuttgart Enke 1955

HUNGERLAND H. und M. ZENS: Zschr. Kinderhk. 71, 369 (1952)

HUNGERLAND und EVERKE: zitiert nach BROCK

JASCHKE v. R. Th.: Physiologie des Neugeborenen. München: Bergmann 1927

JOHANSSON J. E.: Skand. Arch. Physiol. 8, 85 (1898)

JORES A.: Erg. inn. Med. 48, 574 (1935)

JÜRGENSEN Th.: zitiert nach ASCHOFF 1955

JUNDELL J.: Jb. Kinderhk. 59, 591 (1904)

KATZENBERGER A.: Zschr. Kinderhk. 9, 167 (1913)

KIRCHHOFF W.: Erg. inn. Med. 5, 156 (1954)

KIRCHHOFF W. und R. EICHLER: Kinderärztl. Praxis 23, 97 (1955)

KLEITMAN N.: Amer. J. Physiol. 104, 449 (1933)

KLEITMAN N.: Amer. J. Sc. 187, 34 (1952)

KLEITMAN N. und A. DOKTORSKY: Amer. J. Physiol. 104, 340 (1923)

KLEITMAN N. und N. CAMILLE: Amer. J. Physiol. 100, 474 (1932)

KLEITMAN N., S. TITELBAUM and H. HOFFMANN: Amer. J. Physiol. 148, 19 (1937)

KLEITMAN N. and Th. ENGELMANN: J. appl. Physiol. 6, 269 (1953)

KLEWITZ F.: Arch. klin. Med. 112, 38 (1913)

LESNE-BINET: zitiert nach NADRAI

LANDOIS ROSEMANN: Physiologie des Menschen. Berlin 1950

MANNHEIMER E.: Acta paediatr. 28, Suppl. II (1940)

MENZEL W.: Erg. inn. Med. 61, 1 (1942)

MENZEL W.: Zschr. Altersforsch. 6, 26 (1952)

MULLIN F.J.: Amer. J. Physiol. 126, 589 (1939)

NADRAI A.: Zschr. Kinderhk. 60, 284 (1939)

PETREN T.: Verh. der 4. Konf. biol. Rhythmusforsch. Stockholm 1955

PROKOP O. und L. PROKOP: Zschr. gerichtl. Med., Wien: 44, 343 (1955)

PUTZIG H. und H. VOLLMER: Zschr. Kinderhk. 37, 259 (1924)

REIN H.: Physiologie des Menschen, Berlin: Springer 1955

RICHARDS Th. und Mitarb.: zitiert nach ASCHOFF 1955

ROMINGER: zitiert nach BROCK

RUTENFRANZ J.: Zschr. Arbeitsphysiol. 16, 152 (1955)

RUTENFRANZ J., HELLBRÜGGE Th. und NIGGESCHMIDT W.: Zschr. Kinderhk. 78, 144 (1956)

DE RUDDER B.: Über sog. "kosmische" Rhythmen beim Menschen Stuttgart, G. Thieme 1948

DE RUDDER B. und G.A. PETERSEN: Klin. Wschr. 1935, 1814

SCHIESSL G.: Diss. München in Vorbereitung

SCHÖNBECK v., P.: Die Pulsfrequenz der Neugeborenen in der 1. Lebenswoche. Diss. Würzburg 1894

SEITZ C.: Kurzgefaßtes Lehrbuch der Kinderheilkunde. Berlin 1910

SMITH J.: Amer. Med. Ass. 97, 3 (1922)

STOLTE und OHR: Handbuch der Kinderheilkunde, Ergänzungswerk Bd. I. Berlin: Springer 1942

STSCHERBAKOWA O.P.: Studien über periodische Veränderungen physiologischer Funktionen des Organismus. Berlin 1954

SUTHERLAND G. A. and J. Mc MICHAEL:	Quart. J. Med. 22, 519 (1937)
SZYMANSKI J. S.:	Pflügers Arch. 149, 11 (1912)
SZYMANSKI J. S.:	Riv. di Bio. 2, 60 (1920)
TIGERSTEDT:	zitiert nach KATZENBERGER
TRÖMNER E.:	Das Problem des Schlafes. Wiesbaden 1912
UNGEHEUER H.:	"Ein metereologischer Beitrag zu Grundproblemen der Medizin-Metereologie", Berichte des Deutschen Wetterdienstes, 3 No. 16 (1955)
VOGEL B.:	Lehrbuch der Kinderkrankheiten. Stuttgart 1890
VÖLKER H.:	Pflügers Arch. 215, 43 (1927)
WÖHLISCH E.:	Zschr. Biol. 106, 368 (1954)

NACHWORT

Vorliegende Arbeit ist das Werk gemeinsamer Bemühungen.

Ein besonderes Anliegen ist es mir, dem wissenschaftlichen Oberassistenten der Kinder-Poliklinik der Universität München, Herrn Privatdozenten Dr. med. HELLBRÜGGE zu danken für die Überlassung des Themas und für viele wertvolle Anregungen. Vor allem bin ich Herrn Dr. HELLBRÜGGE zu großem Dank verpflichtet für seine Unterstützung bei allen Untersuchungen und für seinen unermüdlichen Rat, welche zur Vervollkommenung dieser Arbeit unerläßlich waren.

Herrn Dr. med. Dr. phil. RUTENFRANZ von der psychologischen Abteilung des Max-Planck-Instituts für Arbeitsphysiologie in Dortmund (Leiter: Prof. Dr. med. O. GRAF) verdanke ich einen Teil der statistischen Auswertung meines Beobachtungsmaterials.

Dem Oberarzt der Universitäts-Kinderpoliklinik, Herrn Privatdozenten Dr. med. VOGT danke ich für die freundliche Hilfe während der Untersuchungen an der Kinder-Poliklinik.

Für die Unterstützung meiner Tätigkeit am "Säuglingsheim der Blauen Schwestern" bin ich dessen ärztlichem Leiter Herrn Dr. med. SCHMID – BURGK, für die an der I. Universitäts-Frauenklinik dem Vorstehenden der Geburtshilflichen Abteilung Herrn Privatdozenten Dr. med. MARTIUS zu großem Dank verpflichtet.

Mein Dank gilt auch den Schwestern von der Universitäts-Kinderpoliklinik, der I. Universitätsfrauenklinik und vom "Säuglingsheim der Blauen Schwestern", welche durch ihr immer bereitwilliges Entgegenkommen Wesentliches zu einem geregelten Untersuchungsgang beigetragen haben.

Zum Schluß möchte ich dem Direktor der Universitäts-Kinderpoliklinik in München, Herrn Professor Dr. med. WEBER, für die Übernahme des Referates dieser Arbeit danken.

LEBENSLAUF

Ich, Jutta Lange, wurde am 29. 3. 1932 als zweite Tochter des Professor Dr. med. Fritz Lange und seiner Ehefrau Dr. med. Ilse Lange in München geboren.

Ich besuchte die Volksschulen in Augsburg und Dresden und von 1942 bis 1944: die Oberschule für Mädchen in Dresden-Blasewitz, von 1945 bis 1948: das Humanistische Gymnasium bei St. Anna in Augsburg und von 1948 bis 1950: die Hohenstaufen-Oberschule für Jungen in Göppingen. Im Juni 1950 legte ich in Göppingen die Reifeprüfung ab.

Darauf war ich drei Trimester an der philosophischen Fakultät der Universität in Manchester in England als Gaststudentin eingeschrieben. Im Sommer 1951 erhielt ich das Zeugnis für "Proficiency in English" von der Universität in Cambridge. Nach einem weiteren Studiensemester an der philosophischen Fakultät der Universität München wechselte ich im Frühjahr 1952 zum Medizinstudium über und bestand in München im Februar 1954 die Ärztliche Vorprüfung. Während der klinischen Semester studierte ich an den Universitäten in Freiburg und München. Ich beabsichtige im Frühjahr 1957 in München das Medizinische Staatsexamen abzulegen.